

KEMIJA ŽIVIH BIĆA

NAPISAO

DR. FRAN BUBANOVIĆ

Nagrađeno iz zaklade grofa Ivana N. Draškovića za god. 1918.



ZAGREB 1918.
IZDALA MATICA HRVATSKA.

Tiskom Hrv. štamparskog zavoda d. d. u Zagrebu.

Čakovec

SVOJIM UČITELJIMA

H. J. HAMBURGERU I S. ARRHENIUSU

U ZNAK ZAHVALNOSTI POSVEĆUJE

PISAC.

SADRŽAJ.

SLIKE.

UVOD.



ahtjev, štono se odvajkada stavljao na svakog čovjeka kao izvor i početak mudrosti, a glasi: u p o z n a j s a m a s e b e, ne proteže se danas jedino na duševna svojstva čovjekova, nego također i na materijalnu građu njegova tijela. Opravdano se drži, da građa čovječjeg tijela igra osobitu i važnu ulogu u svimkolikim manifestacijama života. Ne može se zato zamisliti iole dublji pogled u strasti i stradanja života, u radosti i bolesti, što čovjeka u životu stizavaju, u vascijeli rast i razvoj čovjekov od prvog zametka do smrti njegove, u borbu i potragu za jelom i pićem, za odijelom i stanovanjem, a napokon i u šarenilo kulturnog života čovječanstva od prvih početaka do danas, a da se kod toga sasma pusti s vida materijalna građa čovječjeg tijela i materijalni procesi i promjene, što se u njemu zbivaju.

Čovjek je dio i dijete P r i r o d e. To će reći, život je njegov usko povezan ne samo s biljkama i životinjama, koje ga okružuju, nego također s rudama i kamenjem na našoj Zemlji, a ponajpače s toplinom i svijetlom, što dolazi k nama s našega Sunca. Ne može se zato proučavati građa čovječjeg tijela i promjene, što se u njemu zbivaju, same za sebe, odijeljene od grandiozne cjeline, u kojoj je čovjek iako ne najglavniji,[1] a ono svakako za nas najinteresantniji maleni odsjek.

Ponajprije je i čovječje tijelo, kao i svih biljaka i životinja , građeno od sićušnih životnih jedinica, što ih zovemo stanice ili celule.

---

[1] Varka, da je naša malena Zemlja i prema tomu čovjek c e n t a r, najglavniji dio vascijelog svijeta, vuče se kroz čitavu povijest misaonog čovječanstva; ona je sadržana jednako u rečenici grčkih sofista: ἄνθρωπος μέτρον πάντων (čovjek je mjera svemu), u skolastičkoj nauci katoličke crkve, isto tako kao i u filozofiji K a n t o v o j ili u poviku Maksima G o r k o g: „Sve je u čovjeku, sve je za čovjeka!"

Svaka takova stanica sama je za sebe doduše već živo biće sa svim bitnim svojstvima, ali život je njezin moguć istom u harmoničnom sklopu i odnosu jednako s mirijadama drugih stanica i živih bića, kao i s izvanjskim, na žalost vrlo omeđenim uvjetima života. Kad imamo to na umu, ne može se povući lako granica između živih bića na našoj Zemlji, što ih obično vrstamo u dva carstva, u carstvo bilinsko i životinjsko. Životna tajna sakrivena je već u najmanjem životnom individuu, u malenoj stanici, a sva su živa bića građena bilo od jedne jedine stanice, bilo od nakupine stanica i produkata, što ih stanice stvaraju. Nauka o životu, koja se obično zove b i o l o g i j a, a proučava život biljaka i životinja na našoj Zemlji, mora početi s naukom o stanici i polazeći s tog osnova ima obuhvatiti i protumačiti pojave života svih živih bića na Zemlji.

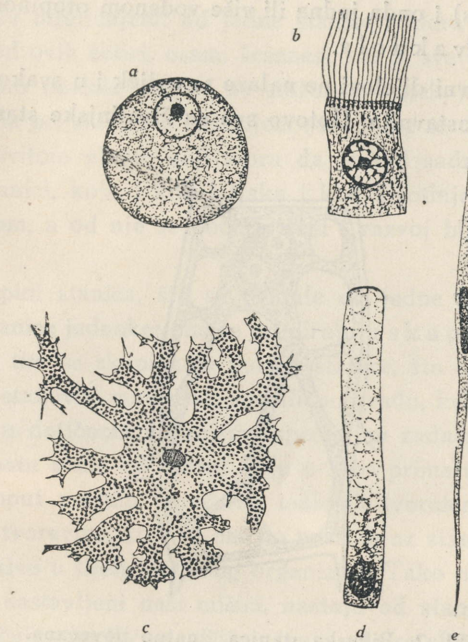
Predaleko bi nas odvelo, da se pobliže upustimo u prikazivanje pojedinih rezultata nauke o stanici. Istaknut ćemo na ovom mjestu tek nekoje najglavnije stvari.

Nema sumnje, da se je pogled u živu prirodu svestrano produbao istom otkrićem i uporabom m i k r o s k o p a, pomoću kojeg je aparata iskrsnulo pred čovjekom carstvo neizmjerno sićušnih tjelešaca i čestica materije.

Jedna spoznaja, koja je nikla iz rezultata mikroskopije, osobito je važna za razvoj prirodnih nauka, a to je spoznaja, da se svi organizmi sastoje od vanredno malenih samostalnih i elementarnih životnih jedinica, koje se nazivaju s t a n i c e i l i c e l u l e. Već su mikroskopici 17. i 18. stoljeća kao na pr. M a l p i g h i, T r e v i r a n u s, M o h l i M e y e n opazili, da su b i l j k e izgrađene od nekih sićušnih sobica i cjevčica, ali istom botanik je S c h l e i d e n zastupao općenito za sve biljke, a za njim zoolog S c h w a n n za sve životinje, da su i bilinski i životinjski organizmi izgrađeni od nekih malenih elementarnih organizama, stanica, koji su tako nazvani poradi vanjske sličnosti s pčelinjim saćem. K tomu je doskora pristupila još i spoznaja, da se svaki, osobito savršeniji organizam razvija od same jedne stanice, nazvane j a j e ili jajna stanica. Cjelokupna primjerice građa čovjekova, milijuni stanica i masa produkata, što ih stanice stvaraju, svi organi čovječjeg tijela, razvili su se od j e d n e jedine malene stanice, koja se je odronila od zrelog jajišta materinjeg, da postane prvotni zametak, prvotni skromni i neugledni početak novog čovjeka.

Šta karakteriše stanicu ?

Ako sebi predočimo, kako su bilinski i životinjski organizmi prerazlični s obzirom na formu, veličinu, i. t. d. počevši od »nevida« do gorostasnog guštera i razumnog čovjeka, — a svima je tijelo izgrađeno od stanica, to je jasno, da ni stanice nijesu sve jednake. One su sad sićušne, da ih jedva i najboljim mikroskopima zamjećujemo, sad opet relativno znatne veličine, ali ipak im promjer ne preseže više od

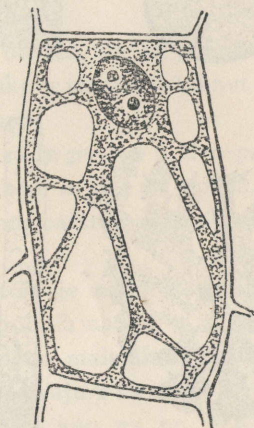


Sl. 1. Nekoji oblici stanicâ po *Zarniku:* *a)* jaje morske spužve (poveć. 600 puta), *b)* stanica iz crijeva morskog puža (poveć. 750 puta), *c)* pigmentna stanica iz riblje kože (poveć. 190 puta), *d)* žlijezna stanica morskog puža (poveć. 475 puta), *e)* glatka žablja mišična stanica (poveć. 400 puta).

nekoliko centimetara. Tako je na pr. žućanjak ptičjeg jajeta, koji je primjerice u jajetu nojevu znatnih dimenzija, tek jedna stanica, a isto tako i spermatozoj, mikroskopski maleno živo biće u muškom sjemenu, koje mjeri tek 0.003 mm (3 μ; 1 μ = 1 tisućinka milimetra) i opet tek jedna jedina stanica. S obzirom pak na oblik, stanice su sad krugljaste, sad poligonalne, ali i trakaste i zvjezdaste, kako nam to pokazuje slika 1.

Kakogod su oblici stanica prerazlični, ipak se mikroskopskim promatranjem može uglaviti, da se u svakoj stanici nalaze stanoviti stalni sastavni dijelovi. Pogledajmo u tu svrhu građu znatno povećane biljevne stanice na našoj slici 2. Ta je naoko vrlo jednostavna. U tankoj kožici, u omotu, što ga nazivaju stanična m e m b r a n a, nalazi se nekakova zrnata, drhtaliničasta tvar, p r o t o p l a z m a. U toj protoplazmi nalazi se jedno ili više malenih tjelešaca, što ih zovu stanična j e z g r a (nucleus) i onda jedna ili više vodenom otopinom napunjenih šupljinica, t. zv. v a k u o l a.

Svi ovi sastavni dijelovi ne nalaze se uvijek i u svakoj stanici. Ona je često još jednostavnija. Gotovo sve su životinjske stanice gole, bez



Sl. 2. Bilinska stanica, znatno povećana.

stanične kožice, tako da ne preostaje drugo za karakteristiku stanice, nego da kažemo: s t a n i c a j e g v a l i c a p r o t o p l a z m e s j e d n o m i l i v i š e s t a n i č n i h j e z g a r a (R. Hertwig).

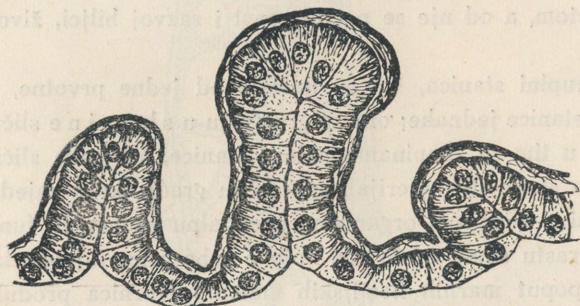
Ali u neuglednoj i sićušnoj gvalici drhtaliničaste i sluzave tvari usredotočena je sva tajna života, jer stanicom možemo nazvati samo takovu gvalicu drhtaliničaste i hladetinaste tvari, koja ima sve oznake ž i v o t a t. j. sposobnost gibanja, podražljivost, sposobnost hranidbe i sposobnost umnažanja. A te oznake ima stanica kao najjednostavnija životna jedinica, pa bila ona po svojoj veličini i formi i te kako neugledna. Samo po tim oznakama poznajemo pravu, ž i v u stanicu.

Nauka o stanici govori nam nadalje, da ima živih bića, kojima je tijelo tek jedna jedina stanica (na pr. alge ili resine). Ta bića nazivamo onda n i ž i m a, za razliku od v i š i h organizama, u čijem se tijelu nalaze milijuni i milijuni stanica razne veličine i oblika. Ali kako već gore rekosmo, — i takova velebna zgrada stanicâ počinje obično od jedne stanice, i to na osnovi njezine zasebne i nada sve važne životne sposobnosti rasta i umnažanja. Stanice se naime umnažaju i to ponajčešće dijeljenjem: od jedne stanice matere postaju dvije stanice kćeri, od ovih četiri, osam, šesnaest i t. d. sve do milijuna i milijuna. No tako nastale stanice ne slažu se uvijek jednoliko jedna uz drugu, kao na pr. stanice u pčelinjem saću. One se d i f e r e n c i r a j u prema stanovitom planu, koji mora da je već sadržan u prvoj onoj zametnoj stanici, koju i kod biljaka i kod životinja nazivljemo oplođenim jajetom, a od nje se počinje rast i razvoj biljci, životinji i čovjeku.

U nakupini stanica, što su nastale od jedne prvotne, od jajeta, nijesu sve stanice jednake; one se grupiraju u s k u p i n e sličnog oblika i građe, a u tim se skupinama nalaze stanice, što osim sličnosti još i produciraju stanoviti materijal, specifičnu građu, koja zajedno sa stanicama vrši u dotičnom organizmu specijalnu zadaću ili funkciju. Jer stanice ne rastu samo od hrane, koju u sebe primaju; one iz te hrane izgrađuju poput marnih kemijskih malenih tvornica produkte, t. zv. plazmatičke tvorevine, koje se obično naslažu uz stanice i s ovima čine staničje ili tkivo u tijelu dotičnog organizma. Tako na pr. mišične niti, od kojih su sastavljeni naši mišići, nastaju od stanica, što na svojoj površini izlučuju specifičnu mišičnu tvar, a ta se slaže u niti ili fibrile, koje su kod sisavaca i ostalih kralježnjaka sad poprijeko prutaste sad glatke. Tih se niti oko svake stanice, koja ih neprestano producira, naslaže toliko, da na koncu, kad je mišić izgrađen i dorastao, od stanice ostaje tek neznatni preostatak, t. zv. mišično tjelešce, uklopljeno u snopiću mišičnih niti. Na taj način nastaju i druga staničja ili tkiva u tijelu, kao na pr. živčano tkivo, koštano i t. d., u kojima se onda razbiraju s t a n i c e, što izgrađuju, hrane i nadoknađuju dotično tkivo, i onda p l a s m a t i č n i p r o d u k t i, koji po svojim svojstvima upotpunjuju zadaću dotičnog tkiva u organizmu. Evo nekoliko takovih tkiva sa svojim stanicama na našoj 3., 4. i 5. slici.

Iz pojedinih tkiva izgrađuju se o r g a n i. Pod organom u našem životinjskom ili bilinskom tijelu razumijevamo kompleks tkiva ili sta-

ničja, koji je zadobio zasebnu, od okoline ograđenu formu, da može obavljati stanovitu funkciju u organizmu. Tako su n. pr. naša p l u ć a organ za disanje, jednako kao i riblje š k r g e, a zeleni bilinski l i s t je organ za izmjenu plinova između uzduha i biljke, t. j. organ za transpiraciju i asimilaciju, priugotavljanje hranive građe iz plinova u uzduhu. Pluća, škrge i lišće jesu organi živih bića. Harmonično udruženi organi sačinjavaju o r g a n i z a m ili živo biće. Što je u nekog organizma više organa i što su savršeniji i razvijeniji, to se i dotično živo biće nalazi na odličnijem, višem mjestu u šarenilu organizama na našoj Zemlji. Skala, stepenica savršenstva ide dugim nizom, počevši od jednostaničnih organizama, do krune živih bića na Zemlji, do čovjeka. Pa kaošto se svaki čovjek postepeno razvija iz jedne jedine stanice



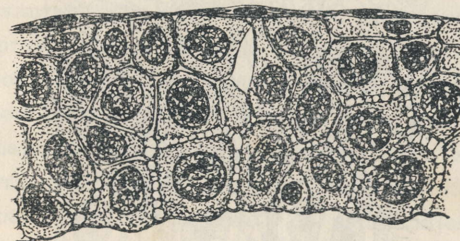
Sl. 3. Prorez kroz hruštov jednjak po *Zarniku*.
(Poveć. 175 puta).

do harmonične grupacije savršenih upravo organa u našem tijelu, tako se drži prema nauci prirodoslovaca, koja nosi ime descendentalna teorija, da su se i sva živa bića na Zemlji polagano i postepeno razvila do današnjeg savršenstva i šarenila od sasvim primitivnih početaka, t. j. od organizama, kojima je tijelo sačinjavala samo jedna jedina stanica. I ovo, što smo ukratko spomenuli o stanici, bit će dostatno, da nam predoči, kako stanica kod promatranja života na našoj Zemlji zauzimlje centralno mjesto, pa nije zato čudo, da je znanost okupila sve svoje sile oko proučavanja građe i svojstava stanice.

Organizmi su dakle nakupine stanica i njihovih produkata. Ali tako zgodno sastavljene nakupine, da predstavljaju ne samo strojeve, koji mogu raditi i gibati se, nego još povrh toga sami se po sebi, t. j. a u t o m a t s k i uzdržavati, razvijati i umnažati. Parostroji, elektrijski motori, aeroplani i svi ostali ne znam kako savršeno konstruirani izumi čovječji, daleko zaostaju za tim »ž i v i m« strojevima, jer nemaju sposobnosti, da se sami po sebi, automatski uzdržavaju, razvijaju i umnažaju. Oni su »m r t v i«, ma da živahno rade na korist čovječanstva.

I sad nastoji nauka, da prouči i objasni život organizama!

No pojavi života bilinskog, životinjskog i čovječjeg tako su mnogostrani, komplicirani i još uvijek prekriveni velom tajnovitosti, da je cjelokupni naučni napredak čovječanstva još vrlo daleko od toga, da ih potpuno obuhvati, upozna i protumači. Zato se biologija kao nauka o životu ponajviše ograničuje na to, da o p i s u j e pojedine životne pojave i promjene kod biljaka i životinja, ograničuje se na to, da sabere što točnijih i što više činjenicâ, koje se očituju kod rasta i raz-



Sl. 4. Prorez kroz salamandrovu kožu po *Zarniku*.
(Poveć. 350 puta).

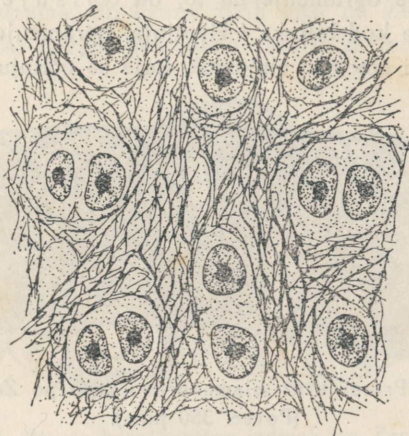
voja živih bića, i samih za sebe, i u društvu s drugima, te s okolinom, u kojoj se kreću.

No ona nastoji da pođe i korak dalje od konstatovanih činjenica. Ona hoće da životne pojave i procese također i p r o t u m a č i. Uz biologiju kao nauku o vascijelom životu, kako se neprestano odigrava pred nama u prirodi, nastala je tako posebna naučna grana, koja se nazivlje f i z i o l o g i j a. Fiziologija, i to fiziologija čovjeka, fiziologija životinja i fiziologija bilja, prihvatila je važnu i tešku zadaću, da činjenice biologije objasni i protumači, t. j. d a r i j e š i p r o b l e m ž i v o t a, koji je sakriven već u najjednostavnijoj stanici.

I eto, dižu se veliki laboratoriji, u kojima rade isto tako medicinari kao i zoolozi i botanici, pišu se na svim kulturnim jezicima rasprave o tom radu, izdaju se mnogobrojni časopisi, priručnici i udžbenici, a

sve je to u službi velikog i važnog problema života, što ga je smioni istraživalac prirode, čovjek, ne prezajući pred zaprekama i ogradama, koje mu staju na put, metnuo u centar naučnog svoga rada i nastojanja.

I čuju se glasovi malodušnika: sve vam je uzalud! Put, kojim ste udarili, nikad vas ne će dovesti do cilja; nikad ne ćete na taj način riješiti problem života, koji je sakriven već u najmanjoj životnoj jedinici, u sićušnoj bilinskoj ili životinjskoj stanici! Uzalud je stavljate pod svoje mikroskope i ultramikroskope, uzalud je draškate elektrijskim šiljcima i kemijskim raznim kiselinama i solima. Jer život nije



Sl. 5. Prorez kroz hrskavicu čovječjeg uha po *Zarniku*. (Poveć. 280 puta).

uopće fizikalna i kemijska pojava, pa ga zato ne ćete ni objasniti fizikalnim i kemijskim sredstvima i pomagalima.

Ali oni drugi, oni smioni, koji su zasukali rukave i koji su se dušom i tijelom bacili na rad, da se pomoću fizike i kemije primaknu bliže k riješenju problema života na našoj Zemlji, odgovaraju: fiziologija, u kakvom se stadiju razvoja nalazi danas, ne obuhvata još nauku o vascijelom životu. Ona iznosi na vidjelo samo one sastavne dijelove životnih procesa bilinske i životinjske stanice, koji se sada mogu e k s a k t n i m metodama istražiti. Zato se i proučavaju u pravoj naučnoj fiziologiji u glavnom fizikalni i kemijski događaji, koji se zbivaju u živim bićima, jer kemija i fizika daju u svojim otkrićima i svojim za-

sadama s i g u r a n, s o l i d a n, č v r s t i e k s a k t a n p u t i s t r a ž i v a n j a, koji dosad nije zatajio, a jamačno ne će ni u budućnosti. Ne će zato, jer te nauke same nijesu došle još na mrtvu točku, nego godimice zapanjuju svijet novim tečevinama, pa je onda opravdano, da se i fiziologija neprestano okorišćuje tim tečevinama i tako stupa dalje rukom o ruku s napretkom kemije i fizike. A ovo treba osobito imati na umu: naše je znanje na svim područjima fiziologije još tako manjkavo, da nam ne ostaje odviše vremena za filozofske rasprave o pitanju, da li se život i životni procesi mogu svesti jedino na fizikalne i kemijske promjene ili se u pojavama života očituje sila, koja stoji izvan dosega kemije i fizike. Svaki i najmanji napredak na području eksperimentalnog istraživanja zasad je daleko važniji od debele rasprave o postojanju i nepostojanju posebne »životne sile«. Vitalisti, neovitalisti, mehanisti, materijalisti, i kako se sve zovu te razne struje na području istraživanja života, rade, — ako su predstavnici, koji ih zastupaju, doista pravi fiziolozi, — istim smjerom i istim metodama, t. j. nastoje oteti živoj stanici, koliko se može više tajnâ, sakrivenih u njoj. A na tom mučnom putu prodiranja u tajne života pokazala je kemija i fizika zasad najveće i najsigurnije uspjehe! Nema zato smisla, da se napusti sigurno oružje kemijskih i fizikalnih metoda na području istraživanja života i njegovih pojava i da ustupi mjesto nesigurnim, ma i duhovitim i dubokoumnim nagađanjima i špekulacijama. I onako u samoj kemiji i fizici ima obilje teorija i hipoteza, a prema tomu još više u fiziologiji, tako da treba dobro razlikovati interesantne hipoteze od suhih, ali važnih i dobro utvrđenih činjenica! Bude li se pak jednom pokazalo, da su kemijske i fizikalne metode kraj sveg svoga napretka posve zatajile s obzirom na proučavanje i objašnjenje životnih pojava, onda dakako moraju položiti svoje oružje i odreći se riješenja onog problema, kojemu se danas tako hrabro i marljivo posvećuju. Morat će ustupiti mjesto drugim putovima istraživanja, koji su iznad fizike. Sve dotle, dok se to ne zbude, bit će fiziologija ili nauka o životu u glavnom samo kemija i fizika živih bića t. j. biokemija i biofizika.

Tako evo odgovaraju pravi fiziolozi onima, koji hoće da blistavim, zamamnim i tajnovitim riječima o nikad nedokučivima tajnama života uliju malodušje u misli njihove i tako zaustave svježu bujicu njihova rada i napretka.

Kemija živih bića ili b i o k e m i j a ne sadržava dakle u sebi riješenje problema života. Ona je samo jedna skromna stepenica k tomu

riješenju. Ali ona obuhvata one činjenice, misli i zasade, koje moraju biti ponajprije uglavljene i poznate, da se može baciti iole dublji i jasniji pogled u pojave i promjene života, što ih neumorno sabira i opisuje b i o l o g i j a, nauka o svimkolikim manifestacijama bilinskog i životinjskog života na našoj Zemlji.

Svaki od nas promatra te pojave i promjene i na sebi i oko sebe, u igri i šarenilu najrazličitijih živih bića, što nas okružuju i s kojima je život naš nerazrješivo povezan. Oni nas, rekli bi, formiraju iz dana u dan. A kako su te pojave nadasve zamršene i tajnovite, nije lako reći, zašto se upravo tako odigravaju, t. j. koji su razlozi i faktori, što ih pokreću i u normalnim i u bolesnim ili patološkim slučajevima. Baš zato je čovjek odvajkada o životnim procesima u sebi i oko sebe, o zdravim, a još više o bolesnima, satkao najčudnovatije i najfantastičnije zamisli i predodžbe. Neznanje je svoje prikrivao i prikriva još danas čarobnim pričama o silama i faktorima iz podzemnih i nadzemnih sferâ, umjesto da bistro otvori oči i upotrebi lijepu svoju misaonu snagu u to, da upozna glavne i jednostavne zasade o životu i životnim procesima, što ih je do danas nauka otkrila i objasnila. Baš zato ga kao trstiku na vjetru potresa svaka nenadana pojava u njegovu tijelu, baš zato ga biju tolika zla i nevolje, kojima bi se lako bio uklonio, da se je upoznao i poslužio, doduše još krnjim i neznatnim, ali već danas sigurno uglavljenim znanjem o životu i životnim prilikama na našoj Zemlji. Baš zato ga izrabljuju i moralno i materijalno razni »čarobnjaci«, počevši od seoske babe vračare, do previjane velegradske masseurice i patentiranih »izumitelja« najrazličitijih masti, fluida i elektrijskih križeva.

Mislim, da nije potrebno trošiti riječi o značenju i važnosti biokemije i biofizike u jednu ruku za nauku, za biologiju, a u drugu za prilike i potrebe svakidašnjeg života čovječjeg. Biokemija i biofizika jesu osnova, solidni početak, koji ima dovesti biologiju do ostvarenja najviših njezinih ciljeva, a ujedno su općenite zasade biokemije i biofizike jasno svijetlo, što misaonu čovjeku rasvjetljuje gustu tamu teških životnih prilika, s kojima mu se je boriti na svakom koraku, da se održi i popne na što višu stepenicu života i kulture. Nazori naši o zdravlju i bolesti, o hrani i stanovanju, o vodi i uzduhu, o biljkama i životinjama i o svimkolikim pojavama u nama i oko nas, moraju se oslanjati o čvrsto tlo naučnih rezultata, a ne o lijepe riječi čarobnih priča i duhovitih nagađanja. Moramo se probuditi iz snohođenja i bistro, vedro i odvažno pogledati životu i prirodi u oči onako, kakove one jesu u svoj svojoj suštoj ali ipak veličanstvenoj zbilji!

A zato se moramo upoznati s njima! Moramo općenite i najvažnije rezultate spomenutih nauka učiniti svojom duševnom svojinom.

Svrha je narednim poglavljima ove knjige, da upozna hrvatski narod s glavnim zasadama nauke, što smo je nazvali kemija živih bića ili biokemija. Pisac ove knjige, poznajući prirodoslovnu naobrazbu širokih slojeva hrvatske inteligencije, smatrao je podesnim, da ne prijeđe odmah u prikazivanje zamršenih i teže shvatljivih rezultata o građi i kemijskim procesima živih bića. Zato je cijelu knjigu podijelio u tri glavna dijela.

P r v i d i o govori o vanjskim, fizikalnim i kemijskim uvjetima života uopće na našoj Zemlji. To su kemijski i fizikalni faktori, koji omogućuju život, a u građi su i svojstvima našeg S u n c a, zatim u sastavu naše a t m o s f e r e i napokon u kemijskoj i fizikalnoj građi k o r e z e m a l j s k e. Nema sumnje, da moramo uvijek imati pred očima značenje ovih gore navedenih uvjeta za život čovjeka, biljaka i životinja i da ne možemo promatrati i proučavati taj život bez neprestane veze s tim, iako vanjskim, ali nadasve važnim uvjetima života. Zato sam ih najprije prikazao u krupnim crtama.

D r u g i d i o obuhvata prikaz glavnih skupina onog kemijskog materijala, od kojega su živa bića izgrađena. Počevši od najjednostavnijeg organizma, koji se sastoji samo od jedne stanice, pa sve do najkompliciranijeg, do čovjeka, sva su živa bića izgrađena u glavnom od i s t o g kemijskog materijala, a to su: soli i voda, masti i lipoidi, ugljikovi hidrati ili sladori, proteini ili bjelančevine i napokon od još točno neuglavljenih i neproučenih kemijskih sastojina, kao što su na pr. vitamini. Soli i voda jesu rudni ili a n o r g a n s k i materijal živih bića, a masti, lipoidi, ugljikohidrati, proteini i vitamini jesu o r g a n s k a građa živih bića. Nastojao sam na što jednostavniji način iznijeti kemijska i fizikalna svojstva navedenog materijala, kao i raširenje njegovo u živim bićima, jer je jedno i drugo od važnosti za razumijevanje uloge, što je ima dotični sastojni dio kod kompliciranih manifestacija života organizama.

T r e ć i d i o ove knjige iznosi konačno neke osnovne kemijske i fizikalne procese, koji se zbivaju u živim bićima. Kako smo već spo-

menuli, nijesu još danas objašnjene sve važne pojave i promjene, što se neprestano zbivaju u našem tijelu, a isto tako i u tijelu ostalih živih bića. Kemija i fizika im nastoje ući u trag. Ukoliko im je to pošlo za rukom, prikazao sam u nekoliko primjera, na kojima se ujedno razabira, kakovim sve posebnim i interesantnim kemijskim pomagalima radi živa stanica u svom vječno zaposlenom kemijskom laboratoriju. Nema sumnje, da moramo najprije dobro uočiti jednostavne i osnovne kemijske i fizikalne procese, što neprestano teku u našem tijelu, jer će nam istom po njima postati jasniji, iako još danas neprotumačivi, drugi važniji i komplicirаniji fiziološki i patološki procesi, o kojima ovisi naš život i naša smrt.

Još nešto moram posebno istaknuti.

Pažljivi će čitalac naći dosta nedostataka i kod iznesenih naučnih rezultata, i kod načina prikazivanja tih rezultata. Kako je kemija živih bića ili biokemija još mlada nauka, to je vrlo teško iz mnoštva sad manje sad više sigurno konstatovanih činjenica, teorija, hipoteza i naučnih nagađanja izabrati najbolje i najvažnije. Zato su kod većine poglavlja navedena i imena istraživača i djela njihova, u kojima će pomoći onaj, tko se bude pobliže zainteresovao za koje pitanje, naći potanko obrazloženje pitanja. A što se tiče načina prikazivanja, to mi je istaknuti, da sam prema svojim silama nastojao, da prikazane stvari budu jasne i shvatljive svakom inteligentnom čovjeku, ma da se otprije nije pobliže zanimao kemijom. No kako se u biokemiji radi o zamršenim kemijskim tjelesima i vrlo kompliciranim procesima, to dakako ni ovdje nijesam mogao lako prebroditi sve poteškoće, što u tom pogledu stoje na putu. Možda će to ponukati mnogog čitaoca, da zasuče rukave i da se potrudi oko toga, kako bi polučio najpotrebnije i najvažnije poznavanje kemijske nauke, s kojim bi morao raspolagati danas svaki inteligentni čovjek. Ali će možda te poteškoće biti razlogom, da će mnogi čitalac odbaciti ovu knjigu. A to bi mi bilo žao!

I.

Izvanji fizikalni i kemijski uvjeti života.



Kako bi tužno izgledala naša majčica Zemlja, da neka viša sila odjednom skine s nje vascijeli život: i ljude, što se sada nemilosrdno kolju, i životinje na kopnu, u vodi i u zraku, i biljke, počevši od sićušnih bakterija i zelenih travka do golemih debala neprohodnih prašuma! Tužnije i jadnije no oderani i izgoljeni kostur.

Baš zato nas napunja osobitim strahopočitanjem pitanje, zašto je upravo naša malena Zemlja u neizmjernom broju svemirskih tjelesa, iako ne jedino, ali jamačno jedno od rijetkih odabranih mjestâ, na kojima se razvila šarena i grandiozna slika života? Zašto su upravo na njoj usredotočeni svikoliki uvjeti života, ona dobro udešena okolina, u čijem se blagom okrilju ljulja život već milijone i milijone godinâ? Jer nema sumnje, između izvanjskih prilika na našoj Zemlji i životnog šarenila na njoj postoji dugotrajna i stalna harmonija, koja podržava život na Zemlji počevši od prvog početka do danas. Čim se ta harmonija poremeti, čim nestane sa Zemlje jednog od prijeko potrebnih uvjeta života, ugasit će se na njoj i iskra života, što se je razbuktala u velebni oganj života, koji gori na Zemlji već milijone godina.

Nije lako odgovoriti na ta pitanja.

Početkom minulog stoljeća bila su takova i slična pitanja predmetom diskusije u nauci, koja se je pod imenom »Natural Theology« osobito gojila u Engleskoj i Americi. Tako na pr. kaže znameniti Whewell u svojoj »Astronomiji i općenitoj fizici sa stanovišta prirodoslovne teologije« (London 1834. god.) ovo: »U pređašnjim je poglavljima prikazano, kako se čini, da je upravo odabran veliki broj kvantiteta i zakona kod postanka svijeta; da je prilagodbom tih veličina i tako odabranih zakona svijet postao onakovim, kakovog ga gledamo, t. j. podesan za životne potrebe bilja i životinja, kakav jamačno

ne bi bio, kad bi svojstva i brojčani odnošaji tih elemenata bili drugojačiji, nego što jesu.«[1] I sad nabraja W h e w e l l te veličine i zakone, kao na pr. udaljenost Sunca od Zemlje, veličinu oceana, zakon i veličinu rastezanja vode ispod 4° C, količinu topline, što se veže kod isparivanja vode i t. d. i dolazi do općenitog zaključka, da nije dostatna za život samo materija sa svojim svojstvima, nego da postoji posebna viša tendencija, koja je svojstva materije udesila prema stanovitoj svrsi.

Savremeni prirodoslovci rijetko zadiru u takova pitanja. Oni ih kao takozvana »posljednja pitanja« ostavljaju filozofiji i religiji. Iz tih razloga ističe na pr. i najveći prirodoslovni filozof, Herbert S p e n c e r u svom sistemu sintetične filozofije, da je religija nužni korelativ znanosti.[2]

Govoreći dakle o izvanjim uvjetima života mi ćemo nastojati, da ih prema savremenom stanju fizike i kemije uočimo samo kao neminovno nužne faktore kod postanka i razvoja života na našoj Zemlji. Nastojat ćemo da upoznamo vezu njihovu sa životom i ulogu njihovu u njemu. Kod toga zauzimlje očito prvo i najvažnije mjesto naše Sunce.

1. Sunce.

Kroz živahnu vrevu ljudi prolaze tramvaji, fijakeri, teretna kola i brzi automobili. Čuje se zvonjava, povici i drndanje kotača. Dobacuju se pozdravi, pogledi, a preko mnogog lica preleti ljubezni smiješak na jarkom Suncu. Život!

A Sunce?

Šeće se veličanstvenim mirom visoko nad tom bukom i vrevom, kao da ga se ništa i ne tiče. Ali i na nj se rijetko tko obazire. Između stotine i stotine ljudi najrazličitijeg soja, što sudjeluju u ovoj vrevi i igri života, jamačno nijedan ne pomišlja, da je baš ono Sunce nad nama pravi izvor, darovatelj i podržavač jednako brzog gibanja tramvaja i automobila, kao i šarene boje cvijeća i vatrenog pogleda djevojačkog. Nikomu to ne pada na um, jer mu se mozgom natiskuju druge

---

[1] Citirano iz L a w r e n c e F. H e n d e r s o n: Die Umwelt des Lebens, Wiesbaden, J. F. Bergmann. 1914.

[2] Herbert S p e n c e r, System der synthetischen Philosophie. I. Bd. Stuttgart. 1876.

misli i skrbi: kako će za vremena stići na određeno mjesto, kako će i danas sastaviti kraj s krajem, šta će biti sjutra i t. d. A Sunce će i onako darežljivom rukom rasipavati blagotvorni dar svoj na Zemlju, a nikoga ne će zato zaboljeti glava!

A šta je Sunce?

Već u vrijeme A m o n h o t e p a IV. (1400. god. pr. Kr.), koji je reformirao egipatsku religiju i postavio Sunce za vrhovno božanstvo, kazano je ovo:

»Slava tebi, oj R e kod izlaza, A t u m kod zalaza!
Ti izlaziš, uspinješ se i sijaš i sijaš
Svijetlom svojom krunom na glavi kao kralj bogova.
Gospodar si neba i zemlje!
Jer ti si onaj, koji je stvorio zvijezde gore i ljude dolje.
Ti si jedini bog, koji postoji od početka.
Razasuo si zemlje i stvorio si narode!
Dao si nam svetu vodu Nil,
A poklonio si i sve druge vode i život u njima.«

Od tog vremena do dana današnjega izrekli su premnogi pjesnici, mudraci i mislioci, da je Sunce početak i izvor svijeta. Ta je misao izražena i u himnama o postanku svijeta primitivnih naroda, i u savremenim rezultatima prirodnih nauka: jer prema L a p l a c e-ovoj hipotezi građa (materijal, m a t e r i j a) vascijele naše Zemlje potječe od Sunca, a kemija i fizika uči, da gibanje i život na našoj Zemlji ima izvor svoj u živoj sili (e n e r g i j i), koja dolazi k nama sa Sunca u obliku svijetla i topline.

Kraj sve izvanredno velike važnosti Sunca za životne prilike na našoj Zemlji, naše je znanje o Suncu još uvijek dosta krnje, nepotpuno i nesigurno. Evo ukratko najvažnije za našu temu, što se zna i nagađa o Suncu.

Sunce je p l i n o v i t a kruglja kolosalnih upravo dimenzija. Po svojoj masi Sunce je neko 750 puta teže od svih svojih planeta (Zemlja, Merkur, Venera, Mars, Jupiter, Saturn, Uran i Neptun) i njihovih mjeseca zajedno. Volum (obujam) Sunca je 1 i ¼ milijona puta veći nego volum naše Zemlje, koji iznosi 1,,,082,,841,315.400 km³.

Pa od čega se sastoji ta golema kruglja? Sve, što se u njoj nalazi, jesu sami u ž a r e n i plinovi. Oni dakako nijesu posvuda jednake gu-

stoće. Na površini te kolosalne kruglje, u t. zv. kromosferi, drži se da vlada relativno niski tlak od neko 1—5 atmosfera, dok se tlak u unutrašnjosti, u sredini, cijeni na više od 10^{10} atmosfera; kod tako velikog tlaka mora da je i gustoća plinova u unutrašnjosti vrlo velika. Uzme li se kao obično gustoća vode za jedinicu (1 cc vode kod + 4° C važe 1 gr!), to se drži, da je gustoća plinovâ u sredini Sunca oko 10 jedinica t. j. 1 cc plina važe 10 gr. Zato u sredini Sunca, kao i u sredini Zemlje, ne pomišljamo onakove plinove, kako ih poznamo kod običnog tlaka, nego to moraju biti vrlo stlačeni plinovi, koji se zato ne razlikuju onako od tekućina i krutina, kao obični plinovi. No da su u unutrašnjosti Sunca, a isto tako i unutrašnjosti Zemlje kod kolosalnog tlaka plinovi, slijedi opet odatle, što ondje vlada vrlo visoka temperatura, tako da ne možemo zamisliti nijedno tijelo, koje bi se ondje nalazilo ispod svoje kritičke temperature, t. j. ispod temperature, koja je potrebna, da se neki plin zgusne pomoću tlaka u kapljevinu.[1]

Na površini Sunca nalaze se dakako razrijeđeni plinovi i pare. Oni sačinjavaju t. zv. sunčanu atmosferu i nijesu užareni do bijelog usijanja, te zato ne dopire od njih do nas svijetlo u običnim prilikama. Istom za pomrčine Sunca postaju donekle vidljivi. Sunčano svijetlo potječe od dubljih slojeva Sunca, usijanih do bijelog žara, pa su ti slojevi nazvani sunčana fotosfera.

Newton je otkrio, da bijelo, obično sunčano svijetlo nakon loma kroz staklenu prizmu stvara bojadisanu sliku, t. zv. spektar, koji se sastoji od bojadisanih sličica otvora u prozoru, kroz koji je svijetlo palo na prizmu. Bojadisane su te sličice poslagane jedna na drugu. Frauenhofer, monakovski optik, dosjetio se misli, da pusti svijetlo sunčano na prizmu, umjesto kroz okrugli otvor u prozoru, kroz uski rasporak, tako da se spektar sastoji iz niza sličica tog rasporka, a ne okruglih otvora. Na taj je način dobio kontinuiranu vrpcu duginih boja, koja se počinje na jednom kraju crvenom bojom i prelazi postepeno i polagano preko narančaste, žute, zelene i modre u ljubičastu na drugom kraju vrpce.

No još je nešto opazio Frauenhofer. Bojadisana ta vrpca bila je ispresjeckana tankim, crnim crtama. Narav tih crnih linija

---

[1] N. pr. vodena se para može stlačiti u tekućinu; no ugrijemo li vodenu paru iznad + 365° C, to je ne možemo ni najvećim tlakom pretvoriti u kapljevinu. Zato kažemo: + 365° C je kritična temperatura vodene pare.

objasnio je Kirchhoff. Svijetlo, što dolazi s nekog tijela usijanog do bijela žara, pokazuje spektar, u kojem postepeno prelazi jedna boja u drugu. Mora li pak to svijetlo, prije nego dođe na prizmu, kroz pare koje kovine, na pr. kroz natrijeve pare, to će one progutati jedan dio spektra. Tako uzrokuju natrijeve pare u žutoj boji kontinuiranog spektra dvije tamne crte, koje stoje nablizu jedna do druge. U drugu ruku, užarene pare natrijeve odašilju upravo takovo svijetlo, koje u spektru stvara dvije žute linije na istom mjestu. I sad se je ispostavilo, da položaj dviju Frauenhoferovih linija u žutoj boji sunčanog spektra upravo odgovara obim žutim linijama u spektru užarene pare natrijeve. Iz svega toga je Kirchhoff zaključio, da se natrij nalazi kao para u sunčanoj atmosferi, kroz koju prolazi bijelo svijetlo sunčane fotosfere. Frauenhofer je nazvao obje ove linije D_1 i D_2. Tako se je i za ostale tamne crte u spektru sunčanog običnog svijetla našlo analogno podudaranje s linijama spektara ze-



Sl. 6. Tamne crte u sunčanom spektru.

maljskih elemenata. Slika 6. pokazuje nam najznačajnije tamne crte u sunčanom spektru. Aparat, kojim se obavljaju takova promatranja, potječe od Kirchhoffa i Bunsena i zove se spektroskop.

Postupak, što ga obavljamo pomoću tog aparata, nazvan je spektralna analiza, jer na osnovi spektra nekog užarenog tijela utvrđujemo njegov kemijski sastav. Dugotrajna su istraživanja pokazala, da najglavnije Frauenhoferove linije odgovaraju ovim kemijskim elementima:

	C	656,3 $\mu\mu$[1]	vodik.
	D_1	589,6 „	natrij.
	D_2	589,0 „	natrij.
	E	527,0 „	kalcij.
b	b_1	518,4 „	magnezij.
b	b_2	517,3 „	magnezij.
b	b_3	516,9 „	magnezij i željezo.
	F	486,1 „	vodik.

---

[1] 1 μ je tisućinka milimetra = 0·001 mm, a 1 $\mu\mu$ je milijuntina milimetra = 0·000001 mm. — Brojevi ti označuju debljinu tamnih crta.

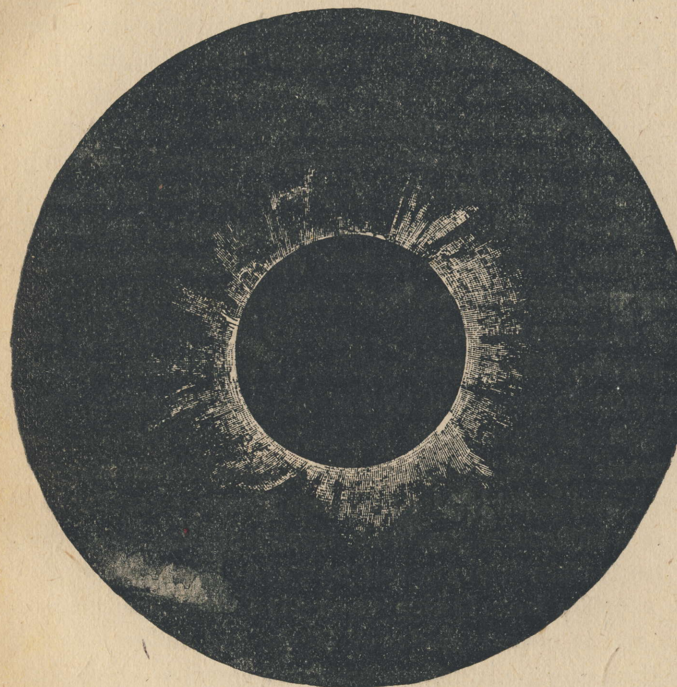
G_1	434,0	"	vodik.
G	430,8	"	željezo i kalcij.
h	410,2	"	vodik.
H	396,9	"	} kalcij.
K	393,4	"	

Prema tomu se ovi elementi u plinovitom stanju nalaze u sunčanoj atmosferi, dok linije A (759,4 $\mu\mu$), a (718,6 $\mu\mu$) i B (686,7 $\mu\mu$) pripadaju zemaljskoj atmosferi.

Spektralna je analiza nadalje pokazala, da se na Suncu, u svijetlu fotosfere nalaze gotovo svi elementi, koji su i na Zemlji otkriveni. Kod tog istraživanja zadaje osobito velikih poteškoća, što mnogi zemaljski elementi ne daju jasan spektar, ili ga daju vrlo teško, na pr. dušik, klor, sumpor, a drugi se opet, kao na pr. zlato, platina i živa nalaze poradi svoje znatne specifične težine jamačno u dubljim slojevima Sunca, pa se zato ne daju otkriti spektralnom analizom.

No nije samo to. Spektralna je analiza iznijela dokaze, da se na Suncu nalaze i elementi, koji nijesu poznati na Zemlji. Tako je na pr. u sunčanoj koroni, plinovitom, kruni sličnom plaštu na površini Sunca, koji se pokazuje istom za pomrčine Sunca, otkriven elemenat, kojemu su dali ime koronij. Sunčana korona (vidi sliku 7.) prema spektroskopskom istraživanju pokazuje osobito izrazito jednu liniju, kojoj ne odgovara nijedan od poznatih elemenata, a dolazi ta linija kao tamna crta i u sunčanom spektru i nosi na Kirchhoffovoj skali oznaku 1474 K. Kako se opravdano drži, da se sunčana korona sastoji od vrlo laganih plinova, to je veliki ruski kemik D. I. Mendeljejev stvorio zaključak, da je koronij plinovit elemenat, lagljí od vodika i helija, do sada poznatih najlaganijih plinova, i prema tome mu je dao mjesto u svom prirodnom sistemu elemenata. Uzme li se gustoća vodika jednaka 1, to je Mendeljejev gustoću koronija procijenio na 0,2. Elemenat helij, koji je otkriven kao tamna linija u sunčanim pjegama i kao svijetla u svijetlu kromosfere i sunčanih protuberancija, nije bio također isprva na Zemlji poznat. Zato je i nazvan helij t. j. sunčani elemenat. Istom 33 godine kasnije otkrio je znameniti engleski kemik Sir W. Ramsay taj elemenat i na Zemlji u nekim uranovim rudačama. Nije zato isključeno, da bi se i hipotetički elemenat koronij danas sjutra našao i na Zemlji ili u njezinoj atmosferi.

Toliko o kemijskoj građi Sunca. Sve u svemu proizlazi, da se na Suncu jamačno nalaze isti elementi, koji su nam dosad poznati i na Zemlji. U kakovom su oni međusobnom odnošaju, t. j. koji i kakovi spojevi i smjese nastaju na Suncu između tih elemenata, o tom ne znamo ništa sigurno. Još manje možemo pravo zamisliti, kakova se igra kemijskih procesa neprestano valja u toj kolosalnoj plinovitoj kruglji uz onakove odnošaje temperature i tlaka, kakovi vladaju u njoj.



Sl. 7. Sunčana kruna (corona).

Za život na Zemlji najvažnije je Sunce po svom svijetlu i toplini, što ih šalje na Zemlju.

Svijetlo i toplinu uopće nazivljemo oblicima ili formama energije. Obje te veličine jesu jedna te ista sila, koja nam se prikazuje sad u jednom, sad u drugom obliku. Ali svijetlo i toplina nijesu jedini poznati oblici energije. Najvažniji su uz svijetlo i toplinu još gibanje, radnja, elektriciteta i kemijska energija.

Spoznaja ta nije stara. Istom god. 1842. izrekao je njemački liječnik J. R. Mayer zakon ili princip energijiovim riječima: »Postoji samo jedna jedina sila u prirodi. U vječitoj mijeni kruži ona u mrtvoj i živoj prirodi, a u jednoj i drugoj nema pojava bez njezine promjene. Kao što kemija proučava promjene materije, ima fizika proučavati metamorfoze energije. Izvan dosega čovječjeg mišljenja i djelovanja leži bilo stvaranje, bilo uništenje energije: iz ničega ne nastaje ništa, ništa može samo ništa postati. Naučava li kemija neuništivost materije, to mora fizika naučavati kvantitativnu nepromjenljivost energije kraj sve promjenljivosti u obliku. Sila téžê, gibanje, toplina, magnetizam, elektriciteta, kemijska energija, sve su samo razne forme jedne te iste prirodne sile, koja vlada u svemiru, a jedna se forma pretvara u drugu uz zgodne uvjete.« Princip taj učvrstili su kasnije, osobito eksperimentalno i teoretski, Englez J. Joul i Nijemac Helmholtz, tako da spada danas među najsigurnije i najdalekosežnije prirodne zakone, do kojih se je došlo dugotrajnim iskustvom. Smisao tog zakona predočit ćemo ukratko ovako:

Sunce je za nas neiscrpljivo vrelo energije. Ono je šalje na Zemlju u formi svijetla. Ali energija, sadržana u svjetlosnim sunčanim zrakama, ne propada na Zemlji. Ona prelazi u druge forme. Neizmjerno mnoštvo zelenog bilja na našoj Zemlji pruža svoje lišće i ostale zelene dijelove prama svijetlu. Svijetlo u njemu izazivlje kemijske procese, o kojima će u ovoj knjizi biti još potanjega govora, a rezultat je tih procesa, da se u biljkama nagomilavaju razne tvari, kao škrob, drvo, mast i t. d. U tim tvarima ostala je sunčana svjetlosna energija pohranjena u obliku kemijske energije. Zapalimo li na pr. drvo ili ugljen, koji je postao također od biljaka pod kotlom parostroja, to će se kemijska energija iz ugljena pretvarati gorenjem ugljena u energiju topline. Toplina, što se tako razvija, prelazi na vodu u kotlu, ona se ugrije i konačno počne vreti t. j. prelazi u vruće vodene pare, koje se u kotlu sve više i više rastežu, pritišću na stijene energijom gibanja svojih čestica. Taj pritisak ili ekspanzija vodene pare prenosi se dalje na pomični čep, a s njega na kotač zamašnjak, pa ako se na primjer nalazi naš parni motor u električnoj centrali, to možemo gibanje kotača zamašnjaka prenijeti na željezno kolo, što se okreće između polova jakog elektromagneta, na kojem se nalazi namotana izolirana žica. Takovim uređajem prelazi energija gibanja u električnu struju, električnu energiju, koju mi onda odvodimo dalje u grad. U elektrijskom tramvaju prelazi električna energija opet u energiju gibanja i u radnju, u žaruljama i lučnim svjetiljkama u energiju svijetla, u električnom glačalu u energiju topline i t. d. Tako evo prelazi jedan oblik energije u drugi, a izvor je svima sunčano svijetlo. Da njega nema, ne bi bilo ni života, ni rada, ni gibanja na Zemlji. A kod svih tih za nas tako važnih prelaza jedne forme energije u drugu niti se energija gubi u ništa, niti se stvara iz ničega. Kad bi se kod jednog takovog prelaza stvaralo više energije u nekom stroju, nego li je u nj ušlo, mogao bi se taj suvišak upotrebiti za tjeranje samog tog stroja t. j. pošlo bi za rukom konstruirati perpetuum mobile. Kraj sveg mučnog nastojanja kroz stoljeća nije još do danas načinjen takav stroj. Zato se ozbiljna nauka i ne bavi više tim problemom. Nemogućnost perpetuuma mobile dokaz je opravdanosti zakona o konstantnosti energije.

Ali zakon o energiji ima još jedan osobito važni i za nas i za život na zemlji fatalni nadopunjak u obliku drugog jednog zakona, koji nosi ime: zakon ili princip o entropiji (Carnot 1824. Clausius 1850.).

Forma energije, koju najobičnije i najčešće želimo realizovati, jest radnja. Energija, što dolazi sa Sunca, ne tjera direktno naše strojeve i ne prelazi direktno u gibanje i rad naših i životinjskih organa. Ona je pohranjena, kako smo već rekli, u obliku kemijske energije u tjelesima, iz kojih je mi kao toplinu oslobađamo kemijskim procesima, na pr. gorenjem. Toplina tjera naše strojeve. I sad je fatalno to, da dok sve ostale forme energije mogu bezuvjetno i potpuno prijeći jedna u drugu, to upravo toplina prelazi u radnju samo uz stanovite uvjete i djelomično. U nijednom naime stroju, što ga tjeramo pomoću topline, t. j. gorenjem drva, ugljena, ulja, benzina i t. d., ne prelazi sva toplina u radnju, nego samo jedan dio, samo stanoviti procenat cjelokupne topline, što se oslobađa gorenjem i što se nalazi u ugrijanim parama. Osim toga, samo ona toplina može prijeći u radnju, koja se slično kao voda u vodopadu spušta s višeg niveaua na niži, t. j. s više temperature na nižu. Samo od topline, koja putuje iz usijane (vruće) vodene pare u parnom kotlu na vodu u hladilu, može jedan dio prijeći u radnju i gibanje parnog motora.

Iz toga nam je odmah jasno, zašto je baš sunčana energija tako važna za život, rad i gibanje na našoj Zemlji. Upravo zato, jer postoji

velika razlika između usijanog Sunca i relativno ohlađene Zemlje u temperaturi, pa sunčana energija, strujeći kroz vijekove s užarenog Sunca na hladnu Zemlju, može u jednom svom dijelu prijeći u druge, nama potrebne forme energije, dok konačno ne padne na temperaturni niveau naše Zemlje. Ona se dakako kod toga nije izgubila ili uništila. Ona je samo prešla u takovu formu energije, koja se dotle, dok ne postoje razlike u stupnju ili intenzitetu energije, sama od sebe ne može više krenuti u akciju; ona miruje, ona je, kako kažu fizici, razasuta, disipirana. Koliko je primjerice sunčane energije proždrlo more u kolosalnim masama svoje vode! Ali toplina, pohranjena u morskoj vodi, ne može sama od sebe stupiti u akciju u stroju, u kojem ne bi postojale razlike u temperaturi. Još nije do danas pošlo za rukom načiniti takav stroj, koji bi po moru gonio brzi parobrod jednostavno tako, da se toplina, pohranjena u morskoj vodi, pretvara u radnju, u gibanje njegovih kolesa. Vodu treba najprije pretvoriti u vruću paru, a to nije kadra učiniti toplina morske vode, jer se nalazi na preniskom niveau, ma da je ima u moru upravo nedokučivo velika količina.

Kod prelaza dakle topline u radnju treba osobito pažnju obratiti na stupanj topline ili temperaturu. Temperaturu možemo nazvati faktorom intenziteta ili jakosti topline kao energije. Označimo li samu toplinu slovom Q, a temperaturu slovom T, to se pokazuje, da se kod svih procesa, koji se osnivaju na prelaženju topline, kvocijenat $\frac{Q}{T}$ na koncu procesa povećava. Ili matematički kazano, kod svih prirodnih procesa je razlika između $\frac{Q}{T}$ na početku i koncu procesa veća od ništice. Izraz $\frac{Q}{T}$ nazvao je fizičar Clausius entropijom i bilježi se obično slovom S. Dakle:

$$S = \frac{Q}{T} \text{ ili } Q = S \cdot T$$

Na osnovu ove potonje jednadžbe zaključuje kemik W. Ostwald, da se toplina (Q) kao energija može rastaviti na dva faktora, naime na T ili temperaturu, t. j. faktor intenziteta i na S, entropiju, t. j. faktor ekstenziteta.

Entropija dakle za vrijeme promjenâ, što se zbivaju u prirodi na osnovu prelaženja topline, uvijek raste. Rekli smo pak, da život i promjene na našoj Zemlji imaju izvor svoj u sunčanoj energiji, u sunčanoj toplini (Q). Nastaje pitanje, da li je taj izvor neiscrpiv? Šta nam veli u tom pogledu zakon o entropiji?

Taj nam važni iskustveni zakon govori, da će sunčana energija moći samo dotle podržavati život i rad na Zemlji, dok postoji razlika i to znatna razlika u temperaturi između Sunca i Zemlje. Jer energije, kako veli fizičar Boltzmann, imamo mi i na Zemlji u preobilju; samo što se ona nalazi u smirenom, razasutom ili disipiranom stanju, pohranjena u obliku topline u tjelesima na našoj Zemlji, i ne stupa zato u akciju, u radnju i gibanje na zemlji, jer ne postoje znatne razlike u temperaturi, u intenzitetu njezinu. Čim se dakle faktor intenziteta sunčane energije izjednači s faktorom intenziteta zemaljske energije, nastupit će zastoj, mir, smrt. Entropija će u sistemu tjelesa: Sunce i Zemlja postići svoj maksimum, toplina ne će moći prelaziti u radnju, nastupit će potpuno mirovanje, smrt. Nazvali su tu smrt: toplinska smrt (Wärmetod), jer može nastupiti kraj sveg obilja topline, koja je još pohranjena na Zemlji i u Suncu.

No izjednačenje temperature Sunca s onom naše Zemlje traje poradi enormne udaljenosti (iznosi 149,487.976 km!) već vijekove, a trajat će jamačno još u nedogledno vrijeme. Ali najodličniji fizičari novijeg vremena razbijali su ipak glavu pitanjem, odakle namiče naše Sunce tolike količine, tolike kvantume enegije (topline), da se nije iscrpla u tako dugo vrijeme. Jer po računu geologa traje život na Zemlji dulje već od sto milijona godina. Za sve to vrijeme morale su prilike između Zemlje i Sunca biti u glavnom iste kao i danas. Za sve to vrijeme odašiljalo je Sunce isto onoliko topline — možda još i više — u svemir, koliko odašilje i danas. A to su upravo kolosalni kvantumi. Fizičari su izračunali, da Sunce šalje u svemir godišnje 3.8×10^{33} kalorija topline.[1] Na Zemlju našu dolazi od toga samo 2,,260,000.000ti dio od cjelokupne godišnje isijane sunčane topline, pa je i taj maleni dijelak tako znatan (iznosi $1,68 \times 10^{24}$ kalorija), da podržava cjelokupni život i gibanje na njoj.

A sad nadovežimo na to ovaj račun: Uzmemo li, da je spec. težina t. j. težina jednog cm^3 naše Zemlje poprijeko 5.5, to iznosi masa naše Zemlje $\frac{4}{3} \pi r^3 \times 5.5 = 6 \times 10^{27}$ grama. Sunce je 324.000 puta teže od Zemlje; prema tomu iznosi njegova masa 1.9×10^{33} grama. Budući da Sunce gubi godišnje 3.8×10^{33} kalorija topline, to svaki gram sun-

[1] Pod jednom kalorijom razumijeva se toplina, potrebna da jedan gram vode ugrije za 1^0 C n. pr. od 15^0 na 16^0 C. Jedan gram drvenog ugljena producira, kad izgori, 8.080 kalorija topline.

čane mase gubi godišnje nešto oko 2 (dvije) kalorije topline. Ako je tomu tako, to Sunce ne bi moglo dugo izdržati toliki gubitak, a da njegova temperatura ne bi znatno pala. I onda, kad bi na Suncu vladala poprijeko temperatura od 10 milijona gradi, a spec. toplina[1] Sunca kad bi bila dvaput veća od spec. topline vode, to Sunce ne bi moglo uz količinu topline, što je sada posjeduje i što godišnje gubi u svemir, zadržati svoj žar dulje od neko 10 milijona godina. A kad tamo, život na Zemlji, kojemu dostaje samo neznatni dio od vascijele isijane sunčane topline, traje jamačno već više od 100 milijona godina. A u to se vrijeme sunčani žar nije mogao znatno promijeniti. Mora dakle da Sunce namiče odnekale kolosalne količine topline, što ih tako darežljivo razasiplje u svemir. Ali odakle?

Prije nego pokušamo odgovoriti na to pitanje, promotrit ćemo, na koji način zaključuju geolozi i mineralozi, da život na Zemlji traje već više od 100 milijona godina. Zašto se ne bi s manjim odsjekom vremena zadovoljili, n. pr. s 5 ili 6 milijona, pa bi nam onda preostalo za daljnji život na Zemlji još neko 4 milijona godina, dok Sunce ne izgubi svoj sadanji žar, i sve bi bilo u redu; ne bi trebali fizičari razbijati glavu teškim pitanjem, odakle Sunce producira uvijek novu svoju toplinu. Ono naime, što je ima, dostajalo bi za 10 milijona godina, a to bi bilo od početka do konca života dosta! Ali ne daju geolozi! Saxa loquuntur — kamenje govori, vele oni.

Evo, kako se od prilike može to prikazati na osnovu istraživanja našeg mineraloga T u ć a n a : U vapnenačkom gorju, na pr. u našem hrvatskom Kršu, nalaze se često naslage neke crvene zemlje, zovu je zemlja crljenica ili terra rossa. Istražujući hrvatske vapnence opazio je T u ć a n kod svojih kemičkih analiza, — obavio ih je na stotine, — da vapnenci ostavljaju kod otapanja u razrijeđenim kiselinama neki talog, dakako u neznatnoj količini. Obrativši pažnju tom talogu, došao je T u ć a n mineraloškim i kemijskim putem do zaključka, da se taj talog pokriva po svojoj građi i sastavu sa zemljom crljenicom u kraškom, vapnenačkom gorju. Odatle je pošao korak dalje i iznesao interesantnu misao o postanku terrae rossae, koja je i u stranom naučnom svijetu obratila na sebe pažnju, naime, da je i zemlja crljenica u prirodi postala kao talog, što preostaje, kad voda (pomoću ugljične kiseline u sebi) tijekom dugog vremena izjede i istroši vapnenačke gorske grebene. I sad treba duhom zaroniti u prilike vremenske, u kojima se je to odigravalo. Ponajprije nam iskustvo govori jasno kao sunce, da vanredno dugo vrijeme treba, dok voda izjede jedan ovakav greben i dok se tako stvori naslaga zemlje crljenice. Jer na mramornim spomenicima, koji postoje već i hiljadu godina, jedva se opaža početak djelovanja vode! A kuda vapnenac iz grebena? Voda ga nosi sa sobom, dok konačno ne prispije u more. U moru ne ostaje miran i otopljen. Postaje plijenom neizmjernog mnoštva morskih životinjica, raznih pužića, foraminifera i koralja, koji od njega grade svoje kućice i skelete. Životinjice morske pogibaju i kućice njihove padaju na dno. Ali ni ondje nema vapnencu mira. Voda, koja sadržaje u sebi ugljične kiseline, opet ga počne polagano otapati i kad ga otopi toliko, da ga ne može više u sebi držati, počne se vapnenac obarati, taložiti i k r i s t a l i z i r a t i u obliku gorskih grebena, koji tijekom vremena izlaze na površinu kao visoko vapnenačko gorje. Na taj su način jamačno nastali grebeni našega V e l e b i t a, isto onako, kao i oni vapnenačkih A l p a ili H i m a l a j e. I sad je osobito važno ovo : Preostaci skeleta i kućica, uklopljeni u njima, govore nam, da su kolosalne mase vapnenačkog kamenja njihova nastale uz sudjelovanje o r g a n i z a m a morskih. Mora dakle da su ovi bili u vrijeme njihova postanka na Zemlji. A kada je to bilo? Jamačno nije pred godinu ili dvije, nego pred stotinu i više milijona godina.

Sunce dakle mora producirati uvijek nove količine topline, da zadrži žar svoj kroz tako dugo vrijeme.

J. R. M a y e r, osnivač zakona o energiji, nastojao je izvor sunčane topline naći u tome, što u Sunce upadaju neprestano m e t e o r i t i, a brzina se njihova gibanja pretvara onda u Suncu u toplinu. Oni hrane Sunce toplinom tako, da ostaje kraj sveg kolosalnog gubitka u svemir neprestano stalna. Što više, J. R. M a y e r je istaknuo, da će se i planeti, prema tomu i naša Zemlja, vratiti natrag u Sunce; oni će žrtvovati vlastitu svoju eksistenciju u tu svrhu, da se snaga njihove roditeljice, Sunca, ne oslabi. Ali Mayerovo tumačenje nailazi na prigovore, koji ga vrlo lako obaraju. Da se uzdrži sunčana toplina stalnom kroz 10 milijona godina, to bi morala u Sunce upasti tolika količina meteora, da odgovara gotovo trećini čitave sunčane mase. A odakle toliki meteori? Kad bi ih toliko bilo u blizini Sunca, zašto se

[1] Specifična toplina je količina topline, koja je potrebna, da se jedan gram nekog tijela ugrije za 1° C. Za vodu je ona n. pr. 1, a za željezo samo 0,1.

ne obaraju i na sunčane planete i zašto se ovi od njih ne zažare kao i Sunce? Osim toga bi se i brzina sunčane rotacije morala mijenjati od tolikog prirasta mase sunčane. Računa se, da bi za svakih 30 godina morala pasti za jednu tisućinku. A to se sve ne opaža.

Veliki H e l m h o l t z označio je puno opravdaniji izvor, iz kojega proizlazi vanredno velika zaliha sunčane energije. To je neprestano s t e z a n j e samoga Sunca. Kako je on izračunao, dostatno je, da se Sunce stegne svakih sto godina toliko, da mu se polumjer umanji za 6 km., za pokriće cjelokupne isijane energije. Stisne li se pak Sunce samo toliko u sto godina, to ne može zamijetiti astronomsko mjerenje. Ali ipak ne može biti stezanje Sunca jedini i dostatni izvor sunčane topline. Kad bi se naime Sunce od neizmjerne veličine stisnulo do sadanje, to bi se kod toga produciralo samo toliko topline, da je dostatna tek za pokriće gubitka kroz neko deset milijona godina. A kad bi se dalje Sunce stisnulo od sadanje svoje veličine tako, da bi dosegnulo gustoću naše Zemlje, t. j. otprilike na četvrtinu svog obujma, to bi se oslobodila količina topline samo za neko 17 milijona godina. Ali već davno prije toga dobilo bi Sunce čvrstu koru na površini; isijavanje topline ne bi više bilo toliko, da bi moglo podržavati život na našoj Zemlji. H e l m h o l t z je poradi toga procijenio trajanje Sunca u onakovom stanju, kakovo je danas, najviše još na 6 milijona godina. Lord K e l v i n ponovio je kasnije Helmholtzove račune i pomoću novijih data postignuo je nešto veće (za 25%) brojeve. Ali sve to nije ni približno suglasno sa zahtjevima geologa, koji cijene trajanje života na Zemlji, a prema tomu otprilike i jednako isijavanje topline iz Sunca kao i danas, kroz vrijeme od 100 milijona godina. Nastala je prepirka između geologa i fizičara, — ali se sve više i više sakupljaju fakta u prilog geologa.

Šta nam onda preostaje ? Zar nam kemija i fizika ne mogu naći pravi izvor sunčane topline ?

Na Zemlji vidimo, da je gorenje drva, ugljena, rasvjetnog plina itd., t. j. da su kemijski procesi najobičniji izvor topline. Nije li možda tako i na Suncu? Ali račun, što ću ga navesti, prestrašio je prirodoslovce od takove kombinacije. Kad bi se Sunce sastojalo samo od ugljika (potpuno čistog ugljena), to bi izgaranje ugljika u ugljični dvokis produciralo za svaki gram Sunca nešto oko 8.000 kalorija topline. Ta pak količina topline dostajala bi najviše 4.000 godina za pokriće potroška sunčane topline.

Ali ipak ima prirodoslovaca, na pr. franceski astronom F a y e i švedski fizičar A r r h e n i u s, koji drže, da su kemijski procesi na Suncu, kao i na Zemlji, najvažniji izvori topline. Dakako da je vrlo teško zamisliti, kakovi se sve kemijski procesi mogu odigravati na Suncu u onakovim prilikama, kakve mi na Zemlji ne možemo realizirati. A r r h e n i u s predočuje stvar u glavnom ovako:[1]) Spektralna nam analiza govori, da u najređim slojevima sunčane atmosfere prevlađuju, kao i na površini Sunca uopće, e l e m e n t a r n i plinovi. U dubljim slojevima — na osnovu iskustva gledom na spektar najdubljih mjesta u sjeni sunčanih pjega — prevladavaju kemijski s p o j e v i. Nadalje nam iskustvo na Zemlji govori, da postoje nama poznati neki spojevi, koji se stvaraju kod v e l i k o g tlaka uz a p s o r p c i j u (potrošak) topline. Možemo dakle zamisliti, da se u unutrašnjosti Sunca stvaraju nama dakako sasvim nepoznati plinoviti kemijski spojevi uz vrlo visoku temperaturu (nekoliko milijona gradi) i vanredno veliki tlak. Na p o v r š i n i pak Sunca drži se da vlada temperatura tek od neko 4000° C. Plinovi u Suncu ne miruju; oni se neprestano valjaju s jednog mjesta na drugo. Tako dolazi do premještanja kemijskih plinovitih spojeva u Suncu iz unutrašnjosti prema površini. A r r h e n i u s drži opravdanim, da oni spojevi, koji su nastali u unutrašnjosti Sunca kod vanredno visoke temperature, prelazeći i k e m i j s k i s e m i j e n j a j u ć i u sve hladnijim zonama Sunca, produciraju daleko više topline nego spojevi, koji nastaju kod običnih temperaturâ. Tako računa, da kemijski procesi, koji se odigravaju na putu ohlađivanja 3—4 milijona gradi vrućeg Sunca, od unutrašnjosti do površine, gdje je temperatura samo neko 4000° C, davaju deset hiljada puta više topline, nego nama poznati procesi, koji produciraju najviše topline uz obične prilike. Interval od unutrašnjosti (nekoliko milijona gradi) do površine Sunca (nekoliko hiljada gradi) vrlo je opsežan, pa se onda na njemu mogu odigravati kemijski procesi, koji jamačno uz mehaničke uzroke (stezanje Sunca po Helmholtzu) namiču onu kolosalnu količinu topline, što je Sunce neprestano isijava u svemir.

Tako fizičari. Oni nas tješe, da ne će tako brzo ugasnuti naša sjajna zvijezda danja, t. j. da će život na Zemlji s obzirom na energiju,

[1] S. A. A r r h e n i u s, Lehrbuch der kosmischen Physik. Leipzig. S. Hirzel. 1903. Nadalje popularni spisi istoga autora: Das Werden der Welten i Die Vorstellungen vom Weltgebäude im Wandel der Zeiten. Leipzig. Akad. Verlagsgesellschaft, 1906. i 1908.

koja ga uzdržava, trajati još milijone godina, ako mu ne presiječe nit koja druga sila ili promjena.

Ali čovječanstvo je oduvijek naslućivalo i bojalo se, da će mu ipak jednom nestati Sunca s neba. Osim himni, kojima se slavi vječno mlada božanska moć Sunca, čuli su se od najstarijih vremena do danas i očajni glasovi bogoduhih pjesnika o utrnuću te božanske moći. Naš Kranjčević pjeva:

Svjetlonoša se izmorio s'jedi
I mrča mu se lice,
Niz zlaćane mu nekad trepavice
Za suzom samo suzica se ledi.
Bez smrtne sv'jeće, bez samrtnog zvona
Mru bozi, sv'jetlo, vasiona...

A sv. Ivan govori u knjizi otkrivenja ove gromorne riječi: »I vidjeh, kad otvori šesti pečat, i gle, zatrese se Zemlja vrlo, i Sunce posta crno kao vreća od kostrijeti, i mjesec posta kao krv; i zvijezde nebeske padoše na zemlju, kao što smokva odbacuje pupoljke svoje, kad je veliki vjetar zaljulja. I nebo se izmače, kao knjiga kad se savije, i svaka gora i ostrvo s mjesta svojijeh pokrenuše se«...

»I prvi anđeo zatrubi, i posta grad (tuča) i oganj smiješani s krvlju, i padoše na zemlju; i trećina drva izgorje... I treći anđeo zatrubi, i pade s neba velika zvijezda, koja goraše kao svijeća, i pade na trećinu rijeka i izvore vodene (gl. 8.). I vidjeh nebo novo i Zemlju novu; jer prvo nebo i prva Zemlja prodjoše, i mora više nema (gl. 21.).«

2. Atmosfera.

Prije nego se sunčane zrake spuštaju na Zemlju, gdje stupaju u igru života kao pokretna sila njegova, prolaze kroz uzdušni plašt, u koji se je oprezno umotala naša Zemlja, a obično ga nazivljemo atmosfera. I atmosfera naše Zemlje stoji u najbližoj vezi sa životom na njoj; i u njoj se takodjer nalaze važni faktori, bez kojih se ne bi mogao održati život na našoj Zemlji, kraj sveg obilja energije, što nam dolazi sa Sunca. Zato se veli : bez uzduha nema života.

Zrak ili uzduh je smjesa plinova, koja obuhvata Zemlju u visini od neko 80 km, a od eminentne je važnosti za život zato, jer sadržaje u sebi sastojine, koje bilinski i životinjski organizmi trebaju kao ne-

ophodno nužnu hranu, a u drugu ruku, cirkulacija uzduha i fizikalne promjene, što se zbivaju u njemu s vodenim parama, reguliraju klimatske prilike naše Zemlje tako, da su podesne za procvat života na Zemlji.

Do nedavna se držalo, da se u uzduhu nalaze plinovi dušik i kisik (oko $^4/_5$ dušika i $^1/_5$ kisika) kao glavne njegove sastojine, a uz njih još nešto vodene pare, ugljičnog dvokisa i ono zemaljske prašine, što je vjetrovi vitlaju sa sobom. S obzirom na život osobito se je isticala važnost kisika; već smo u pučkoj školi učili, da bez kisika nema disanja, dakle ni života.

Novija prirodoslovna istraživanja pronašla su osobito zaslugom engleskog kemika Sir W. Ramsaya (preminuo 24. srpnja 1916.) u uzduhu u malenim količinama niz interesantnih plinova, koji su poradi toga, što ne će da se spajaju, t. j. da stupaju u uže društvo s drugim elementima, nazvani plemeniti plinovi. Imena su im Helij, Neon, Argon, Kripton i Xenon. A u današnje dane ne smatra se znamenovanje atmosfere za život u prvom redu poradi njezina kisika, nego poradi ugljične kiseline i vodene pare; ova potonja tjelesa nazvana su pravi »životni uzduh«. Zašto, čut ćemo kasnije.

Zrak je smjesa navedenih plinova. Oni nijesu međusobno udruženi ili kemijski spojeni u jedinstveno tijelo. Ali ipak je omjer između dušika, kisika i plemenitih plinova u uzduhu gotovo posvuda stalan, i to :

Dušik	75,60	uteznih procenata
Kisik	23,10	„ „
Argon i drugovi .	1,30	„ „
Ukupno . . .	100,00	uteznih procenata.

Količine vodene pare i ugljičnog dvokisa u uzduhu podvrgnute su znatnim varijacijama. Kao srednja se vrijednost uzimlje:

Vodena para	0,28	uteznih procenata
Ugljični dvokis . . .	0,044	„ „

Tlak uzduha na svaki cm^2 površine zemaljske jednak je stupcu žive od 76 cm visine i 1 cm^2 prereza, t. j. 1,0333 kg, jer svaki cm^3 žive važe (kod 0^0 C) 13,6 grama. Površina Zemlje iznosi $4\pi r^2$ m^2, a to je $5{,}097 \times 10^{14}$ m^2 ; prema tomu iznosi totalna masa uzduha $5{,}27 \times 10^{15}$ metričkih tona. Težina cijele Zemlje računa se na $5{,}985 \times 10^{24}$ metrič-

kih tona, pa je prema tomu atmosfera samo 1,136.000-ti dio cjelokupne mase našega malenoga planeta.

Prema navedenom postotnom sastavu uzduha i prema totalnoj količini uzduha ima dakle u vascijeloj našoj atmosferi:

Dušika	398,4 × 10^{13}	tona
Kisika	121,6	„ „
Argona i drugova . . .	6,84	„ „
Vodene pare	1,46	„ „
Ugljičnog dvokisa . . .	0,23	„ „

Kako se vidi, vrlo je velika razlika gledom na pojedine sastojine naše atmosfere. Da uzmognemo što bolje proniknuti u sudioništvo svake ove sastojine kod životnih prilika i procesa na našoj Zemlji, potrebno je, da ukratko upoznamo narav njihovu. Uzet ćemo ih na oko redom prema njihovim količinama u uzduhu.

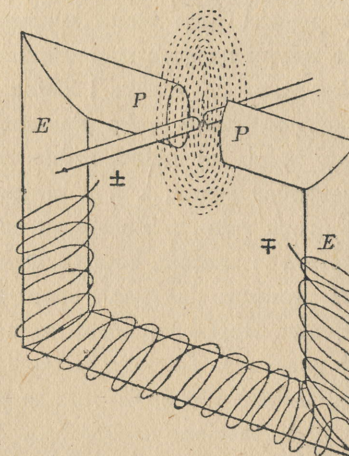
D u š i k. Već ime mu kaže, da je od njega slabe koristi životu, on guši ili duši. U čistom dušiku ugiba čovjek ili životinja. Zato ga nazivaju neki slavenski narodi prema franceskom nazivu a z o t. To je dakle neki mrtvi plin.

Razlog, zašto je dušik takav spram života, leži u tome, što se on uopće vrlo nerado spaja s drugim elementima. On je kemijski trom, mrtav, indiferentan. Životinja ili čovjek ne pogiba u čistom dušiku zato, što bi se njime otrovala; ne, ona se uguši, jer nema kisika za disanje. Otrovati se nečim znači, da se ono tijelo, na pr. ugljikov kis, koje nas truje, kemijski spaja s našom krvlju ili s našim živčevljem. A dušik je kemijski mrtav, indiferentan. Tek visoka temperatura ili elektrijska iskra budi dušik iz njegova mrtvila. Onda se on spaja s drugim elementima, n. pr. s kisikom, vodikom i t. d. Zato ipak ima na Zemlji dušikovih s p o j e v a i mi ćemo vidjeti, da su baš ti dušikovi spojevi od osobitog znamenovanja za život i životne promjene na našoj Zemlji.

Sam plinoviti, e l e m e n t a r n i dušik naše atmosfere slabo zasijeca u ekonomiju života na našem planetu. Njegova je važnost za život u prvom redu indirektna. Dušik razređuje kisik u zraku. Kad bi naime u uzduhu bilo previše kisika, ne bi bio moguć na našoj Zemlji život, isto onako, kao ni onda, kad bi Sunce slalo na Zemlju znatno više nego 2,,000,000.000-ti dio od cjelokupne energije, što je isijava u svemir.

Poradi dušikove tromosti i kemijskog mrtvila njegova se masa u atmosferi ne troši. Ostaje stalna i nepromijenjena kroz milijone godina.

Ali život ipak nastoji, kako bi ga povukao u svoje velebno kolo. Ima naime bakterija, koje žive u korjenčićima leguminoza, na pr. djeteline, graška, a posjeduju sposobnost, da vežu dušik iz zraka, pretvaraju ga u dušikove spojeve, koji im služe za hranu. To je i razlog, zašto se polja obrađuju po t. zv. ophodnjama ili turnusima, gdje iza žitarica dolazi djetelina. Ona popravlja tlo, t. j. pomoću bakterija na svojim korjenčićima privodi tlu dušikovih spojeva, što ih biljke tako nužno trebaju za svoj rast.



Sl. 8. Shematički prikaz Birkeland-Eydeove metode.

U drugu ruku pokušavaju i ljudi, kako bi umjetno, pomoću zgodnih strojeva priveli dušik iz zraka u igru života na Zemlji. Tako su n. pr. norveški profesor B i r k e l a n d i inženjer E y d e konstruirali stroj, što nam ga u principu prikazuje slika 8. za dobivanje dušikovih spojeva iz zraka, t. j. iz elementarnog dušika i kisika iz uzduha.

Radi se o tom, da se pomoću elektricitete spoji dušik iz zraka s kisikom, koji se također nalazi ondje. Takav se spoj natjera u vodu ili vodenu otopinu lužine ili vapna i dobije se tijelo, koje se kao salitra iz zraka ili N o r g e-s a l i t r a šalje u trgovinu i služi kao umjetno dušikovo gnojivo. Stvar nije sasvim jednostavna. Između polova (P,

P) vanredno jakoga elektromagneta (E, E) preskakuje preko elektrode od ugljena električna struja napetosti od 5.000 volta. Djelovanjem jakog elektromagneta rasteže se plameni luk u plamenu ploču, koja je na našoj slici prikazana točkicama. Ta plamena ploča ima preko 2 m u promjeru, a u njoj vlada temperatura od 3000° C. Ako se preko takove plamene ploče duše struja zraka, to se kod te visoke temperature udruže kisik i dušik u dušikov oksid, koji odmah struja zraka ponese sa sobom. Kad bi spoj dušika i kisika ostao dulje vrijeme u visokoj temperaturi, brzo bi se opet raspao na elementarni dušik i kisik. Baš zato i nije dugo pošlo za rukom na veliko producirati dušikove spojeve iz zraka, jer se nijesu aparati udesili tako, da stvoreni spojevi odmah dođu u prostor, gdje vlada temperatura barem ispod 1000° C. To je pošlo za rukom na gore spomenuti način, ali se po toj metodi dobiva iz uzduha samo 1% dušika i kisika u obliku spojeva; struja se zraka vrlo naglo natiskuje preko plamene ploče. A troši se mnogo elektricitete! Zato su po toj metodi radile tvornice, gdje je na raspolaganju jeftina električna struja, t. j. u krajevima s velikim vodenim slapovima. A u drugu ruku, nastojale su se iznaći metode za dobivanje dušikovih spojeva iz uzduha, koje će trošiti manje elektricitete, a producirati veći procenat dušikovih spojeva. I ovo je nastojanje okrunjeno već lijepim uspjesima, no mi se ne ćemo dalje upuštati u prikazivanje tih rezultata. Za našu je temu od važnosti samo fakat, da se i tromi, indiferentni plin dušik, koji se nalazi u kolosalnim masama u uzduhu kao tijelo bescjeno za život na Zemlji, da se evo i taj mrtvi plin budi polako i privodi u život. Od kojeg je to znamenovanja, razabrat ćemo još i bolje kasnije, kad se pobliže upoznamo s dušikovim spojevima i s njihovom ulogom u živim bićima.

A r g o n i ostali »plemeniti« plinovi naše atmosfere nadmašuju po svojoj kemijskoj indiferentnosti i neaktivnosti daleko sâm dušik; oni se uopće ne spajaju s drugim tjelesima, pa prema tomu ne mogu direktno stupiti u igru života na našoj Zemlji. Osim toga iščezava i količina njihova spram ostalih bitnih sastojina uzduha, t. j. spram kisika i dušika.

K i s i k. Bezbojni ovaj plin naše atmosfere zauzimlje jedno od najvažnijih mjesta na Zemlji. Poradi svoje kemijske srodnosti s ostalim elementima ne nalazi se on samo u elementarnom stanju u atmosferi, nego su njegovi spojevi, ukoliko nam je sastav kore zemaljske poznat, — u tolikoj količini prisutni, da kisik čini 50% t. j. polovicu, a s v i ostali elementi drugu polovicu vascijele nama poznate i pristupačne materije na Zemlji. Najvažniji i najobičniji njegov spoj je v o d a, spoj kisika s vodikom.

Kisik dakle ne miruje kao tromi dušik u atmosferi, nego živahno i aktivno neprestano sudjeluje u procesima na našoj Zemlji.

G o r e n j e, taj najobičniji kemijski proces, nije ništa drugo, nego spajanje drva, ugljena, plina i t. d. s kisikom iz zraka. Kod toga se kemijskog procesa oslobađa kemijska energija u obliku topline i može stupiti kao takova na najrazličitije načine u akciju. Ali za našu je temu najvažnije to, da i d i s a n j e životinja i čovjeka, a i biljaka, nije u principu drugo, no i gorenje, t. j. spajanje s kisikom. Iz zraka, što ga udišemo našim plućima, zaostaje samo kisik u našem tijelu, (dušik i drugi plinovi se izdišu napolje!) i razilazi se pomoću krvi do najmanjih životnih jedinica, do sićušnih stanica ili celula, od kojih je izgrađeno naše tijelo. U njima stupa kisik na posao. Spaja se s tvarima, n. pr. s mašću, koja je ondje pohranjena, i kod tog spajanja, koje nije ništa drugo nego polagano sagorijevanje, oslobađa se također e n e r g i j a (toplina), ona toplina, što grije naše tijelo i krv našu, ona energija, koja u našim mišićima prelazi u r a d n j u i g i b a n j e, po istim onim zakonima, kao i toplina ugrijane vodene pare u parostroju. Bez kisika ne bi se mogli zbivati ti procesi, rad bi u stanicama zapeo, one bi se umirile, ukočile, nastupio bi polagano potpuni mir, smrt. Zato nema bez kisika života. Ali ne smije ga biti ni previše na raspolaganje; u našem organizmu, koji je u neku ruku toplinski stroj, toplinska mašina kao i parostroj, produciralo bi se odviše topline, sagorijevanje bi bilo prežestoko, — najmanje životne jedinice, stanice našega tijela, opet bi stradale, jer bi se od vrućine zgrušao polutekući njihov sadržaj, p r o t o p l a z m a; râd bi u stanicama zapeo, nastupio bi mir, smrt.

Ali ne troše kisik svi organizmi jednako. Mi ćemo o ulozi kisika i o procesima, što ih on u organizmima izazivlje, govoriti još podrobnije. Zasad ćemo u krupnim crtama istaknuti samo ovo:

Budući da se disanjem troši kisik iz uzduha, a isto tako i gorenjem drva i ugljena, no ne samo to, budući da oduzimlju atmosferi njegov kisik i kolosalne mase željeznih i sumpornih ruda na našoj Zemlji, to bi moralo tijekom vremena nestati kisika iz zraka. A ipak nije tako, nego je količina njegova u uzduhu gotovo konstantna. Mora dakle da

postoje na našoj Zemlji procesi, koji oslobađaju kisik u atmosferu, tako da se podržava ravnoteža između potroška i oslobađanja kisika. A tako i jest.

Između viših b i l j a k a i ž i v o t i n j a na našoj Zemlji jedna je razlika u tom, što životinje troše kisik, a zelene ga biljke neprestano vraćaju opet natrag u uzduh. Istina, i biljke dišu, i one troše kisik iz zraka, ali je kod njih daleko izrazitiji i pretežitiji drugi proces, proces i z g r a đ i v a n j a materijala, od kojeg je njihovo tijelo načinjeno, a baš kod tog najvažnijeg procesa za život na našoj Zemlji o s l o b a đ a s e kisik. I tako, dok životinje udišu kisik iz zraka, a izdišu u g l j i č n i d v o k i s, troše biljke ugljični dvokis iz zraka, a oslobađaju kisik. Proces izgrađivanja organskih tvari iz jednostavnog, anorganskog plina CO_2 nazivlje se obično asimilacija ugljičnog dvokisa. Dakle ta a s i m i l a c i j a u biljaka, a s druge strane d i s a n j e svih organizama podržavaju ravnotežu kisikovu u ekonomiji živih bića na Zemlji.

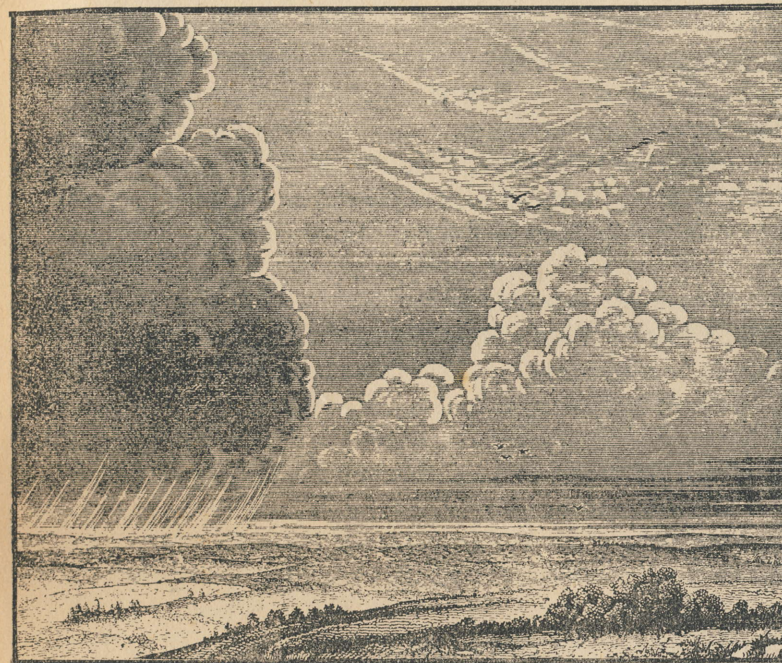
S obzirom na razlike u životu biljaka i životinja došli su neki prirodoslovci na misao, da nije bilo uvijek kisika na našoj Zemlji u njezinoj atmosferi. Budući da ima takovih biljaka, za koje je dokazano, da uopće ne trebaju kisika za svoj život, to su one, nastavajući u početku naš planet, tijekom dugog vremena počele polako iz ugljičnog dvokisa : CO_2 oslobađati O_2 t. j. kisik u atmosferu, a nagomilavati C, ugljik i njegove spojeve u sebi. Tako je istom s vremenom došao kisik do znatne sastavine naše atmosfere. Da bude ta misao još opravdanija, izračunali su fizičari (na pr. Lord K e l v i n), da na našoj Zemlji ima upravo toliko ugljika (ugljena), koji je nastao od uginulih biljaka, koliko je potrebno, da potpunim izgaranjem veže na sebe, t. j. potroši s a v kisik iz zraka, stvorivši tako opet CO_2, iz kojega su postali i kisik u zraku i ugljen u Zemlji. Ali takovi se računi ne mogu baš lako provesti, pa je i sam K e l v i n kasnije zastupao, da je jamačno kisika bilo već i na početku života u našoj atmosferi.

Bilo kako bilo, za nas je najvažnije to, da u kisiku naše atmosfere uočimo osobito važan sastavni dio njezin za prilike života na Zemlji. Još ćemo jedno njegovo svojstvo istaknuti u vezi s time. Kisik je plin, koji se lako otapa u vodi, laglje nego li dušik, pa na taj način omogućuje disanje neizmjernog mnoštva morskih i slatkovodnih organizama. Toliko zasad o kisiku.

V o d e n a p a r a. Nebo nad nama nije uvijek jednako. Sad je modro i vedro, a sad opet plivaju po njegovoj modrini, kao po moru,

bilo lagani oblaci, kao svijetle bijele pahulje, ili teški i tmasti, kao goleme nemani, koje nagovještaju buru, oluju, kišu, tuču i druge nepogode. Prema obliku i izgledu dala je nauka oblacima razna imena. (Vidi sliku 9.)

Oblaci nijesu u pravom smislu vodena p a r a, kaošto nije ni ono vodena para, što vidimo kao bijeli dim, kad parostroj, kako se obično



Sl. 9. Razni oblici oblaka.
Desno gore *Cirrus*, ispod toga *Cummulus*, a ispod ovoga horizontalne pruge *Stratusa*. Lijevo kišni oblak ili *Nimbus*.

kaže, pušta paru. Vodena je para čisto bezbojna i prozirna. Bijeli dim i oblaci vanredno su fine čestice, vanredno sićušne kapljice t e k u ć e vode, dok je vodena para bezbojni plin, koji se sastoji od nevidljivih čestica, zvanih m o l e k u l e vodene pare.

S bezbojnom vodenom parom, što se neprestano iz svih vodâ na površini naše Zemlje diže u uzduh, zbivaju se u njemu najrazličitije promjene, koje su za razvoj života na Zemlji od osobite važnosti. Od

njih se stvara u zraku magla, rosa, kiša, tuča, snijeg, sve same pojave, od kojih ima svaka svoje posebno znamenovanje za život na Zemlji. Mi ćemo o samoj v o d i spram života govoriti u narednom poglavlju, a sad ćemo ukratko spomenuti nekoliko riječi o prilikama i promjenama vodene pare u zraku i pojavama, koje su s njima u savezu. Bar toliko, da nam bude jasno »meteorološko motrenje«, što ga dnevice donose naše razne novine.

Voda se na kolosalnoj površini morskoj — osobito u tropskim morima — neprestano pretvara u n e v i d l j i v p l i n, vodenu paru, koja odilazi u uzduh. Ali uzduh ne može u sebi sadržavati svaku količinu vodene pare: on se s vodenom parom doskora zasiti. Što je zrak topliji, to on treba više vodenih para, da se zasiti. Kod 0° C dovoljno je već 5 gr vodenih para za zasićenje zraka, a kod 30° C kadar je zrak primiti oko 30 gr vodenih para u 1 kubičnom metru, pa da bude zasićen njima.

Ovakav topli, vodenim parama zasićeni zrak nose zračne struje, vjetrovi, s tropskih mora u druge krajeve nad površinom naše Zemlje. Budući da je lagan, diže se u više slojeve uzduha. Ali takav zrak dolazi lako u prilike, gdje vlada niža temperatura, nego što je ona, kod koje je zasićen vodenim parama. Uslijed toga se vodena para izlučuje iz uzduha u obliku sićušnih kapljica vode, kojima je promjer između 0,0059 mm i 0,0169 mm. Tu kondenzaciju pomažu čestice prašine i dima, koje lebde u uzduhu. Tako postaju o b l a c i, ako se kondenzacija zbiva u višim vrstama atmosfere, a m a g l a, ako se zbiva u niskim vrstama atmosfere. Ovčice ili perjasti oblaci (Cirrus, vidi sliku 9.) lebde primjerice veoma visoko (do 10.000 m), a drži se, da su sastavljeni od sićušnih kristala snijega i leda, jer se u tim slojevima nalazi vodenim parama zasićeni uzduh i s p o d 0° C.

Veličina se n a o b l a k e označuje brojevima od 0 do 10. Sve oblake pomislimo sabrane u jedan, pak onda od prilike izračunajmo, koliko bi desetina neba bilo pokrito tim oblakom ; 0 = posve vedro ; 5 = napola vedro ; 10 = posve zastrto nebo i t. d. Apsolutna je množina vodene pare u uzduhu najmanja u siječnju, raste do srpnja, a od toga časa pada; uz jednake inače prilike raste od polova prema ekvatoru; vodena je para na kopnu udaljenija od točke zasićenosti, nego na morskim obalama.

Vlada li u atmosferi obilje vodene pare, pa ako je uz to naoblačeno nebo i tišina, to se n o ć u, osobito na tjelesima hrapave površine, koja lako izbijaju toplinu (noću se jače ohlade), kondenzira vodena para kao r o s a. Temperatura, do koje treba ohladiti uzduh, da ne može više u sebi držati vodene pare, zove se u fizici r o s i š t e. Ako je rosište ispod ledišta (ispod 0° C), nastaje m r a z.

K i š a, s n i j e g i t u č a obaraju se iz oblaka na Zemlju. Množina kiše na različnim mjestima zemaljske površine, godišnji broj kišnih dana i razdioba kiše na različno doba godine, bitno zavise od geografske širine. Tako u Sjevernoj Evropi dolazi na godinu poprijeko 180 kišnih dana, u Srednjoj 146, u Južnoj 120. Pustinja G o b i kišom je najsiromašniji kraj na Zemlji.

Nastup oborina, n. pr. kiše, najavljuje nam promjena tlaka zraka. Normalan je tlak uzduha jednak stupcu žive od 760 mm na svaki cm² zemaljske površine, što čini nešto preko 1 kg. Ako je tlak zraka konstantno manji, t. j. ako živa u barometru pada, znak je, da je uzduh l a g l j i, t. j. da se u njemu nalazi obilje vodene pare, koja se mora doskora oboriti na Zemlju. Nastat će ružno, kišovito vrijeme. Toliko o vodenoj pari u uzduhu.

U g l j i č n i d v o k i s. Kaošto je količina vodene pare, tako je i količina ugljičnog dvokisa u uzduhu, tog u pravom smislu »životnog uzduha«, podvrgnuta promjenama. Nema sumnje, da je o ovim promjenama ovisna i slika života na našoj Zemlji, što više, ima fiziologa (n. pr. B u n g e), koji prikazuju, da će poradi gubitka ugljičnog dvokisa iz atmosfere ugasnuti život prije na Zemlji, nego li što Sunce prestane slati dostatnu količinu energije u igru života i nego li se iscrpu sastojine tla, potrebne za rast bilja.

Promotrit ćemo zato, odakle je ovaj »životni uzduh« došao u našu atmosferu, koja su mu svojstva i sastav i zašto je baš o njemu naš život tako sudbonosno ovisan. O jednostavnom spoju ugljika i kisika· CO_2, na koji se obično i ne obaziremo, a još manje na njega pomišljamo u svakidanjoj teškoj borbi za život ! Plin, što se šumeći uzdiže, kad uštrcnemo u čašu vina vodu iz sifona ili kad polijemo komad krede ili mramora s nešto octa ili koje druge kiseline. A nema ni boje ni mirisa. U atmosferi ga ima u današnje dane tek oko 0,05%! A o njemu, kao o vlasu visi vascijeli život na našoj Zemlji.

Već smo istaknuli prije, da biljke i životinje drže ravnotežu s obzirom na kisik i ugljični dvokis; biljke u glavnom troše ugljični dvokis, a oslobađaju kisik. Kod toga biljke iz ugljičnog dvokisa stvaraju materijal za svoje, ali i za životinjsko tijelo ; jer spojevi,

što služe za hranu čovjeku i životinjama, povlače se direktno ili indirektno od biljaka. Čovjek naime i životinje nijesu kadri da od jednostavnih *anorganskih*, rudnih sastojina iz Zemlje i iz plinova naše atmosfere stvaraju komplicirani *organski* materijal, od kojeg im je izgrađeno tijelo. Tu sposobnost imaju samo *zelene* biljke. One su samostalne eksistence na našem planetu, a svi ostali organizmi žive na njihov račun.

Ako je tako, onda su i prvi organizmi na našoj Zemlji morali biti bilinskog karaktera. Ujedno su ti organizmi morali imati na raspolaganje, uz ostale faktore, i onaj izlazni materijal, iz kojega mogu dalje sintetizirati organske ugljikove spojeve, a taj je izlazni materijal baš naš *ugljični dvokis*. Dakle u početku života morao je i on biti prisutan na našoj Zemlji, morao je biti kao plin u njezinoj atmosferi, dok kisika još nije trebalo biti, jer ima biljaka, koje mogu — kako smo već spomenuli — živjeti i bez njega. Baš poradi toga dobio je ugljični dvokis kao sastavni dio atmosfere prvenstvo s obzirom na život.

A odakle taj ugljični dvokis ?

Prvi i najvažniji izvor toga plina jesu vulkani. On izlazi i izlazio je iz Zemlje s vulkanskim ekshalacijama. Nadalje se taj plin stvara *disanjem* organizama i *gorenjem* drva, ugljena i drugih gorivih tvari, koje su većinom spojevi, u kojima ima ugljika. Iz 3 grama ugljena (i 8 gr kisika) stvara se 11 grama ugljičnog dvokisa. Kolika je to masa plina, ako imamo na umu, da se u današnje dane spaljuje godišnje oko 700 milijona tona ugljena. A potrošak ugljena raste od godine do godine sve više. Moralo bi se prema tomu i ugljičnog dvokisa sve više nalaziti u zraku. Ali se čini, baš nasuprot, da količina CO_2 u atmosferi postaje tijekom razvoja života na našoj Zemlji sve manjom i manjom.

Koliko ugljičnog dvokisa dolazi ekshalacijom vulkana u atmosferu, ne zna se sigurno i ne može se kontrolirati. Ali iz toga, što nam bilinski preostaci govore, da je nekada bila na Zemlji daleko *bujnija* vegetacija, može se zaključiti, da je i vulkanizmom producirana količina ugljičnog dvokisa morala biti u pređašnim geološkim periodama znatnija od sadanje. Danas je nasuprot spaljivanje ugljena mnogo znatnije, tako da dolazi u obzir kao producent ugljičnog dvokisa, što više, izrazila se je bojazan, da bi nagli porast spaljivanja ugljena — u

svakih dvadeset godina on se od prilike podvostručuje — mogao imati za posljedicu potrošak kisika iz zraka u tolikoj mjeri, da bi život i od toga bio oštećen.

Ali postoji — kako ističe *Bunge* — drugi jedan regulator ugljične kiseline u atmosferi, koji prema njegovu nazoru polagano ali sigurno vodi do propasti života na našoj Zemlji. To je borba između ugljične kiseline i kremične kiseline na našoj Zemlji.

Evo šta je u stvari. Većinu gorenjem produciranog CO_2 (oko $^5/_6$) upija u sebe voda na našoj Zemlji. Ta vodena otopina zove se ugljična kiselina. Soli ugljične kiseline zovu se *karbonati*, pa ih ima na našoj Zemlji dosta, jer karbonati su vapnenci i dolomiti, koji sačinjavaju čitava gorja, na pr. Alpe (vapnenačke), Himalaju i t. d. Vapnenci i dolomiti nazivaju se taložno kamenje, (jer su nastali taloženjem iz vode,) za razliku od druge važne grupe kamenja, koje izgrađuje prvotnu koru zemaljsku, a to su *silikati*. Silikati su soli kremične kiseline.

Pa u čem se sad sastoji sudbonosna borba između kremične kiseline i ugljične ?

U silikatima i u karbonatima nalaze se kovine kao kalcij, magnezij, željezo i t. d. vezane sad na kremičnu kiselinu, a sad opet na ugljičnu. Zato se ove dvije bore za te kovine. Jedna bi da ih preotme drugoj. U unutrašnjosti naše Zemlje, kod *visoke* temperature, jača je kremična kiselina, ona veže na sebe spomenute kovine, stvaraju se silikati, a ugljična kiselina mora da se u obliku CO_2 seli napolje. Ali zato je na površini Zemlje, naime kod obične temperature, jača ugljična kiselina. Tu sad ona oduzimlje silikatnom kamenju kovine kalcij, magnezij i t. d. i stvara karbonate (vapnence i dolomite), a kremična je kiselina pobijeđena. Ali zato se ugljična kiselina, koja je nastala otapanjem CO_2 iz uzduha, u vodi *troši* i to troši toliko, te se čini, da ono CO_2, što ga daju vulkani, zaostaje za tim potroškom. A to je fatalno za život na Zemlji; čim bude manje CO_2 u zraku, bit će slabija i vegetacija na Zemlji, bit će snižena suma života na njoj. Svaki dakle val morski, koji udara o kameni silikatni greben, svaka kap kiše, što pada na Zemlju, nosi u sebi CO_2 i baš zato polagano ali sigurno rastvara i najtvrđi silikatni kamen. Ali svaki taj val polagano, ali sigurno prenosi CO_2 iz uzduha u kamene vapnenačke i dolomitne grebene, u kojima leži taj plin pokopan i mrtav za igru života na Zemlji, i nema nade, da će ikada više stupiti u tu igru.

Toliko zasad o cirkulaciji ugljičnog dvokisa na našoj Zemlji i znamenovanju njegovu u ekonomiji života na njoj.

Osim spomenutih sastojina atmosfere ima u njoj još i omanje količine nekih drugih tjelesa, no ta nijesu za našu temu od osobite važnosti.

Za život na Zemlji jesu dakako od eminentne važnosti : fizikalna svojstva vascijele atmosfere kao jedinstvenog plinovitog plašta, u koji se je Zemlja omotala. Vjetrovi i s njima skopčana regulacija temperature na našoj Zemlji, upliv i djelovanje njihovo i na vodenu i na kopnenu površinu zemaljsku, nadalje pojave atmosferske elektricitete, polarno svijetlo i t. d., sve su to zanimljiva poglavlja nauke, koja se zove atmosferička fizika. Mi se na ovom mjestu ne ćemo pobliže pozabaviti njima tim više, što je »Matica Hrvatska« o tim pojavama izdala posebnu knjigu.[1] Svrha nam je bila samo ta, da uočimo važnost atmosfere za život po kemijskom sastavu njenu, dakle u prvom redu s kemijskog gledišta.

3. Tlo i voda.

Franceski astronom Laplace razvio je početkom prošloga stoljeća teoriju o postanku našeg sunčanog sustava iz prvotne pramagle, a ta se teorija nadovezuje na misli o postanku svijeta, što ih je izrekao još prije njega najveći njemački filozof Immanuel Kant. Zato je ta teorija dobila ime Kant-Laplaceova teorija i sačuvala se u jezgri sve do današnjih dana.

Kant je sebi predočio početno stanje sunčanoga sustava tako, da se je sva materija, koja je sada skupljena u Suncu, planetima, njihovim mjesecima i kometima, nalazila u vanredno fino raspršenom stanju, ali u neku ruku u labilnoj ravnoteži, »sodass innere Anziehungskräfte leicht eine Störung hervorbringen und einzelne dichtere Klumpen bilden konnten, auf welche sich dann die benachbarten Teilchen zubewegen mussten«.[2] Ovi »dichtere Klumpen« postali su svemirska tjelesa sunčanog sustava, a sila glavna, koja je dovela do njihova postanja, Newtonova je gravitacija.

---

[1] Oton Kučera: Crtice iz meteorologije.

[2] „tako da su nutarnje privlačive sile lako izazvale poremećenje i tako su se stvorile pojedine gušće jezgre, na koje su se onda obarale susjedne čestice“.

I Laplace polazi u svojoj teoriji od maglovitog, raspršenog stanja materije, ali on sudi, da se je već cijela pramagla, koja je sadržavala svu materiju našeg sunčanog sustava, u početku okretala oko jedne osi. Taj svoj nazor crpao je Laplace iz otkrića i astronomskih klasifikacija Herschelovih, koji je otkrio i klasificirao mnoge svemirske magle i nakupine zvijezda. Okretanje pramagle oko vlastite osi bilo je po Laplace-u isprva upravo tako jako, da je u izvanjim dijelovima pramagle oko njezina ekvatora bila u ravnoteži centrifugalna sila s gravitacijom. U sredini pramagle nalazilo se je kondenzirano tijelo, koje je zauzimalo mjesto današnjeg Sunca. Cijela je pramagla bila jako usijana i polako se ohlađivala. Uslijed toga se je stezala na manji obujam. Ali kod tog se je stezanja poremetila ravnoteža između gravitacije i centrifugalne sile. I to, prema svojoj naravi rasla je brže centrifugalna sila nego gravitacija. Jer ako označimo sa r udaljenost od središta u pramagli, sa m masu, a sa v brzinu, kojom se masa okreće, to se centrifugalna sila može predočiti izrazom $\frac{m.\ v^2}{r}$ a gravitacija spram centruma mase sa $\frac{m}{r^2}$.

Iz toga slijedi, da u onom slučaju, kad se r umanjuje, raste centrifugalna sila brže nego gravitacija, t. j. u tom slučaju će se od glavne mase pramagle odcijepiti naokolo ekvatora jedan dio u formi prstena. Prsten se je taj nalazio u vrlo labilnom stanju. Čim su nastupile i najmanje poremetnje, on se je ili raspao u male dijelove ili se skupio u jedno jedincato tijelo. To tijelo, velika plinovita kruglja, okretat će se poradi veće brzine izvanjih dijelova prstena u istom smislu, kao i prije vascijela pramagla. Ono je početak planeta, na pr. naše Zemlje. Ali i ta naša prazemlja je užarena plinovita kruglja, koja se ne samo okreće oko svoje osi, nego i steže. I njezin r (radius ili polumjer) postaje manji; i oko njezina ekvatora može doći do odrješenja prstena, i taj se može skupiti u novo, manje tijelo, koje kruži oko Zemlje. Tako je nastao njezin Mjesec. Na taj su način po Laplaceovoj teoriji postali Sunce, kao kolosalni preostatak početne pramagle, Zemlja i planeti, kao prsteni ili dijelovi prstena, što su se od te pramagle odcijepili, a Mjeseci i sateliti drugih planeta, opet kao prsteni od planeta. Jedino kometi nemaju svoje domovine u pramagli našeg sunčanog sustava; oni su iz vana zabludili u nj.

Kao najjači potporanj Kant-Laplace-ove teorije, na kojem ona još i danas počiva i iz kojega je nikla, jest pravilnost, kojom pla-

neti našeg sunčanog sustava opisuju svoje putanje. Ali ta se je teorija do danas održala samo u glavnim svojim točkama. Nova otkrića i noviji rezultati fizike, poglavito nauke o toplini, iznesli su znatne prigovore i poteškoće za Kant-Laplace-ove nazore. Tako na pr. putanje Uranovih i Neptunovih mjesecâ odstupaju znatno od zahtjeva tih nazora. Ali najveća je poteškoća Laplace-ovoj teoriji pretpostavka, da je prvotna pramagla, iz koje je postao naš sunčani sustav, bila kolosalna plinovita kruglja, u kojoj je vladala vrlo visoka temperatura. To se ne može složiti s raspršenim i razrijeđenim stanjem, u kojem su se nalazili plinovi pramagle. Prema današnjem shvatanju vlada u takovim svemirskim kolosalnim maglama, — kakova je na pr. ona u Orionu ili Plejadama, gdje ta magla zauzimlje nekoliko tisuća puta veći prostor nego onaj, što ga opisuje Neptunova putanja oko Sunca, — vrlo niska temperatura, temperatura u blizini apsolutne ništice (— 273° C). Tako je moralo biti i u pramagli našeg sunčanog sustava. A kako je onda od nje mogao nastati skup svemirskih tjelesa onako poredanih, kako ih vidimo danas u našem sunčanom sustavu?

Evo, kako to razlaže na pr. S. Arrhenius u svojim već spomenutim spisima. Kolosalna pramagla, raspršena upravo preko neizmjernog prostora svemirskog, sastojala se je od razrijeđenih plinova. Oblik njezin bio je isprva nepravilan. Sile, koje su dolazile u njoj do očitovanja, djelovale su tako neznatno, da bi takova pramagla mogla ostati u tom stanju vanredno dugo, možda u sve vijekove. Ona se je tek polagano okretala oko svoje osi i uslijed gravitacije zauzimala sve više krugljastu formu. Na površini su bili skupljeni najlaglji plinovi: vodik i helij, kako je to i danas kod poznatih svemirskih magli. Oni su svijetlili slabo i to samo uslijed električnih izbijanja.

Ali takova kolosalna pramagla našeg sunčanog sustava stajala je u doticaju, u sferi djelovanja drugih, udaljenih sunacâ. Energija, koja je dolazila s njih do pramagle, zaustavljala se je u njoj. Uslijed primitka energije magla se je rastezala, lagani plinovi na površini, vodik i helij, odletjeli su vanredno daleko u neizmjerni svemir. To rastezanje imalo je jednu zanimljivu posljedicu. Mjesto da se je uslijed primitka energije (topline) pramagla ugrijala, — ona se je naglim rastezanjem još ohladila, a ipak pohranila u sebi pridošlu energiju. Ta joj je energija dobro došla u slijedećem stadiju, u stadiju kondenzacije, t. j. u stadiju stvaranja svemirskih tjelesa našeg sunčanog sustava. Prema Arrheniusovim kozmogonijskim idejama došlo je do tog daljnjeg stadija u razvoju svijeta iz pramagle na taj način, da su u takovu pramaglu dospjela druga kondenziranija tjelesa, i to izvana, iz svemira, kao na pr. kometi danas u naš sunčani sustav. I onda se je oko takovog kondenziranijeg tijela, kao oko neke jezgre počelo grupiranje materije, a cijela se pramagla uslijed gravitacije stapala sve više u veliku kruglju, koja se je okretala oko jedne osi, i u toj se kruglji oko pojedinih jezgra kondenziralo sve više i više materije iz pramagle. Ali i centrifugalna je sila došla do očitovanja i to osobito izrazito. Njezinim se je naime djelovanjem kolosalna kruglja, koja je obuhvatala vascijelu pramaglu zajedno s kondenziranijim jezgrama u sebi, spljoštavala sve više na polovinu, dok se konačno nije rastegla u kolosalnu ploču u ravnini svoga ekvatora. Tijelo, čija je jezgra bila u središtu te ploče, kondenziralo je na sebi najveću masu materije iz pramagle, dok su ostale jezgre podijelile međusobno, već prema svojoj veličini, preostalu materiju, koja se je polako koncentrirala oko njih: nastalo je Sunce, oko kojega su kružili pojedini planeti, a među njima i naša malena Zemlja.

Predaleko bi nas odvelo, da se pobliže upuštamo u prikazivanje modernih kozmogonijskih teorija. Ono, što je za nas važno, sadržano je u Kant-Laplace-ovim, te i u gore prikazanim novijim idejama o postanku našeg sunčanog sustava, a to je, da je i naša Zemlja kao supstrat sadanjeg života bila isprva plinovita kruglja. Ona je to, ma kako se na prvi mah čini čudnovato, od velike česti i danas.

Evo ukratko, kako se misli, da je došlo do sadašnjeg izgleda njena.

Plinovita kruglja, kakova je bila na početku svog opstanka naša Zemlja, kondenzirala se sve više. Uslijed toga joj se je znatno dizala temperatura; naša se je Zemlja nalazila u stadiju, u kojem se još i sada nalazi naše Sunce. I ona je u to doba isijavala u svemir kolosalne kvantume topline, a tomu je bila posljedica postepeno ohlađivanje u površinskim slojevima njezinim. To je ohlađivanje trajalo sve donde, dok se površinski slojevi nijesu najprije kondenzirali u tekućinu i napokon skrutnuli: stvorila se prvotna kora zemaljska. Čim se je stvorila prvotna kora na Zemlji, prestala je Zemlja obilno isijavati iz sebe u svemir toplinu. Ona je ostala u njoj pohranjena kao i u svim ostalim tamnim svemirskim tjelesima. Dok primjerice sadanji gubitak topline na našem Suncu iznosi 12×10^5 cal. na cm² površine Sunca u minuti, to gubitak topline na našoj Zemlji ne iznosi

niti 2×10^{-4} cal. na cm^2 u minuti.[1] Isti udes čeka Sunce i druge zvijezde stajačice, čim se stvori na njima onakova otprilike kora, kakova obavija našu Zemlju. Ali energija će njihova ostati kao i energija Zemlje pohranjena u njima u stadiju mirovanja možda sve u neizmjernost vremena.

Prvotna kora zemaljska bila je skrutnuto rastaljeno kamenje. Kako se je Zemlja i dalje stezala, nije ta kora mogla ostati glatke površine; doskora se je navorala kao osušena jabuka. A čim je temperatura njena spala ispod 100° C, oborila se je na prvotnu koru prva kiša, prva voda, koja je kružila prije toga kao para naokolo Zemlje u njenoj tadanjoj atmosferi. Ta prva kiša bila je daleko drugojačija, nego što je u današnje dane; sadržavala je raznih žestokih i kiselih plinova, bila je vruća kao kipuća voda. I njeno djelovanje na koru zemaljsku moralo je biti drugojačije nego danas; kiša ju je žestoko izjedala, rastvara i otapala. Počelo je djelovanje vode na koru zemaljsku, koje joj je znatno promijenilo sastav i izgled. Kod toga su sudjelovali i drugi faktori. Ispod kore zemaljske provaljivala je na raznim mjestima na površinu rastaljena masa, rastaljena lava, koja se je razlila i skrutnula na njenoj površini. Stvarale su se tako na njoj nove naslage kamenja, koje su se stezanjem Zemlje opet mreškale i međusobno prekrivale.

Dugo je trebalo, dok je došlo do onakove razdiobe kopna i vode, kako ga danas vidimo. Već davno prije toga stupio je u akciju još jedan faktor kod izgradnje promjenâ na kori zemaljskoj, a to je ž i v o t. Kolijevka mu je pradavno more. Već u doba, kad je pramore bilo još vruće, drži se, da su u njemu mogli eksistirati prvi b i l i n s k i organizmi. Ima naime alga ili resinâ, koje rastu u vodi vrućih vrela i kod temperature od + 50 do + 60° C.

A odakle su nastali prvi organizmi u pramoru? Neki drže, da su se izgradili iz anorganskih tvari uz posebne i osobito povoljne prilike, koje su ondje tada vladale. Danas se ta ideja sve više napušta, pa se drži, da su p r v o t n e k l i c e života došle na našu Zemlju iz vana, iz svemira. Baš zato, jer su na njoj našle povoljne prilike, mogao se je na našoj Zemlji razviti život do one grandiozne slike, u kakovoj danas vlada na njoj. Da li je baš na taj način postao život na našoj Zemlji, ne može se sigurno tvrditi. To je hipoteza, koju zastupaju mnogi prirodoslovci.

[1] $2 \times 10^4 = 2 \times \frac{1}{10^4} = 0{\cdot}0002$ cal.

Za nas je sada od osobite važnosti, da pobliže uočimo, koja se svojstva kriju u v o d i, da je upravo ona kolijevka života na našoj Zemlji, nadalje, kako je nastalo od prvotnog kamenja onako podesno t l o, da je život mogao iz vode prijeći i na tlo, na kopno i ondje također rasprostrti silnu i velebnu moć svoju.

A) V o d a.

„Alles ist aus dem Wasser entsprungen!
Alles wird durch das Wasser erhalten!
Ozean, gönn' uns dein ewiges Walten."[1]
(Goethe: Faust II.)

Još davno prije nego što je grčki filozof T h a l e s svojom izjavom *πάντα ῥεῖ*, sve teče, sve je voda, postavio vodu izvorom sviju stvari, poklonilo se je misaono čovječanstvo u svojim mitosima o postanku svijeta vodi kao praizvoru i prapočetku svijeta. Tako n. pr. veli e g i p a t s k a nauka o postanku svijeta: »U početku nije bilo ni neba ni Zemlje, dubokom tamom obavita ispunjavala je svemir bezobalna pravoda.«

Premda je razvoj prirodnih nauka skinuo vodu s tog svemožnog piedestala, ipak je voda ostala sve do današnjih dana ono prirodno tijelo, o kojem jamačno ponajviše ovisi, da je lice naše Zemlje i slika života na njoj onakova, kakova jest. Zato je vodi poklonila svestranu pažnju i fizika i kemija, i biologija i geologija. Što više, našlo se je i danas p r i r o d o s l o v a c a, kao na pr. L a w r e n c e J. H e n d e r s o n, koji su, nadovezujući na razmatranja starije engleske »Natural Theology«, našli u svojstvima vode i ulozi njenoj na Zemlji, sa stanovišta novijih rezultata fizike i kemije, oslon i bazu za f i l o z o f s k e misli o svijetu i životu.

Pa što je voda, da se u njoj krije tolika i tako važna moć?

Po svojoj kemijskoj naravi nije voda elemenat, — kako se to nekad držalo i kako se često u običnom govoru kaže, — nego je kemijski spoj dvaju plinovitih elemenata: kisika i vodika. Označuje se formulom H_2O. O kisiku, kao sastavini naše atmosfere, bilo je već govora. I za v o d i k smo već kazali, da ga ima u izvanjim, najlaganijim

[1] „Sve je postalo iz vode! Sve uzdržava voda! Oceane, priušti nam svoju vječnu vlast!"

slojevima s u n č a n e atmosfere, a u društvu s helijem sačinjava vodik svemirska tjelesa, kolosalnih dimenzija, što smo ih upoznali kao planetarne magle, n. pr. u Orionu.

Na površini Zemlje i u zemaljskoj sadanjoj atmosferi nema gotovo ništa elementarnog, plinovitog vodika. On se nalazi samo u spojevima, od kojih je i po količini i po važnosti svojoj na prvom mjestu voda, H_2O. Ali nema sumnje, da se je nekad i u atmosferi naše Zemlje, u doba, kad je ona imala oblik i bila u stanju našeg Sunca, nalazilo elementarnog vodika, a on se kasnije s a v udružio s kisikom u vodu, koja je najprije kao para kružila u pradavno doba u atmosferi Zemlje, te se istom kasnije oborila kao tekućina na nju. Neki također drže, da je možda jedan dio plinovitog vodika, baš poradi toga, što je to n a j l a g a n i j i plin, ostavio nekadanju atmosferu naše Zemlje i izgubio se u svemir, zajedno s helijem, od kojeg je također samo neznatna količina ostala u zraku.

Vodik i kisik udružuju se u vodu tako, da dva volumna dijela vodika dođe jedan volumni dio kisika (H_2O). Ali se ne udružuju sami od sebe; boca, koju bi napunili vodikom i kisikom u tom omjeru, mogla bi dugo ostati na miru, i ne bi se u njoj pokazala voda. Istom ako se ta smjesa — nazvana u kemiji p l i n p r a s k a v a c — zapali, stvorit će se uz žestoku eksploziju voda. Kolika li je orila silna tutnjava i prasak u atmosferi naše Zemlje u ono doba, kad se je stvarala prva, djevičanska voda u njoj! No nije isključena mogućnost, da je udruživanje vodika i kisika u vodu teklo postepeno, polagano i mirno.

Vodik i kisik drže se međusobno u vodi vrlo čvrsto. To je potpuno zasićen kemijski spoj, pa zato pokazuje voda veliku stalnost i indiferentnost u kemijskom pogledu. Ne mijenja se lako, iako vrlo rado djeluje na druga tjelesa. Ali ona ih kod toga kemijski ne mijenja, ona ih otapa tako, da se opet lako izlučuju u istom svojstvu. Nema sumnje, da je to svojstvo vode od vanredno velike važnosti. Ali voda ima još čitav niz drugih svojstava, za koja se čini da su upravo dana vodi s posebnom svrhom, tako da je ona spram života i spram promjena i prilika na Zemlji zauzela jedno od najodlučnijih mjesta. Mislim, da ne će biti suvišno, ako se s nekojim svojstvima vode upoznamo malo pobliže. Još nešto prije toga. Svojstva vode su i zato od posebne i svesilne moći na Zemlji, jer je vode na njoj upravo kolosalan kvantum; oceani zapremaju oko ¾ čitave zemaljske površine,

a voda, što je u njima sadržana, mogla bi pokriti svu Zemlju, kad bi ona bila pravilna i glatka kruglja, posvuda u dubini od neko 4 km. Ali ipak je to tek 1—2 promile cjelokupnog voluma naše Zemlje!

A sad da vidimo, koja to svojstva vode vladaju životom na Zemlji.

a) S p e c i f i č n a t o p l i n a v o d e. Već smo prije spomenuli, da je specifična toplina vode 1 t. j. da je potrebna 1 kalorija topline, da se 1 gr vode ugrije za 1° C n. pr. od 15°—16° C. Evo spec. toplinâ još nekih običnijih tjelesa:

Olovo	0,03
Željezo	0,10
Kremen	0,19
Sol	0,21
Mramor	0,22
Staklo	0,20
Slador	0,30
Tekući amonijak . .	1,23
Kloroform	0,24
Alkohol	0,6

Iz ove se tabele jasno razabira, da su specifične topline većini tjelesa daleko manje, nego li vodi, koja je jednaka 1,00. Jedini ju amonijak (tekući) premašuje. To svojstvo vode od velikog je znamenovanja za regulaciju toplinskih prilika na našoj Zemlji i za regulaciju procesâ u živim bićima. Poradi visoke svoje spec. topline može voda upiti u sebe znatnu količinu topline, a da se previše ne ugrije. Baš zato zadržavaju o c e a n i na Zemlji gotovo jednoličnu temperaturu; niti se previše ugrijevaju, niti previše ohladnjuju. Dakako, da kod toga sudjeluju još i drugi faktori. Ali nema sumnje, da oceani uslijed ovog svog svojstva ublažuju ljetnu vrućinu i zimsku studen na našoj Zemlji. Svakomu je poznata razlika između t. zv. kopnene i obalne klime u zemljama, koje inače leže jednako udaljene na sjever ili na jug od ekvatora. A mislim, da nije potrebno isticati, od kojeg je znamenovanja ta pojava za rasprostranjenje života na našoj Zemlji.

Lijep primjer, od kolike je važnosti visoka spec. toplina vode za život, čovjek je sâm. Odrastao čovjek od 75 kg težine producira dnevno, ako i ne radi, od prilike 2400 velikih kalorija topline.[1] Poradi građe čovječjeg tijela, t. j. poradi vode, što se u njemu nalazi,

[1] Pod velikom kalorijom (C a l za razliku od c a l) razumijeva se toplina, potrebna, da 1000 gr vode (1 l) ugrije za 1° C.

mogla bi ta količina topline podići temperaturu čovječjeg tijela za 32° C. Kad bi spec. toplina čovječjeg tijela bila jednaka spec. toplini drugih najobičnijih tjelesa, bio bi taj broj daleko znatniji, dosegao bi 100—150° C. Jasno je kao sunce, da u tom slučaju ne bi bilo moguće tako lako regulirati temperaturu našeg tijela, osobito u vrijeme, kad bi čovjek naporno i živo radio. Temperatura bi se onda znatno digla nad normalu (+ 36° C), kraj sveg gubitka topline u okolinu, a posljedica bi bila porazna za životne procese u našem tijelu. Čovjek bi zapao u vrućacu, koja bi mu donijela smrt. Ali voda u našem tijelu to ne dopušta. Njezina je visoka spec. toplina onaj regulator, koji omogućuje našem organizmu, da podržava stalnu (konstantnu) relativno nisku temperaturu našeg tijela, a to je — kako ćemo još i kasnije čuti — vrlo važan uvjet za normalni tok životnih procesa.

b) Latentna toplina smrzavanja i isparivanja vode. Tekuća voda može se ohlađivanjem pretvoriti u kruto tijelo, led, a zagrijavanjem opet u plin, vodenu paru. Voda se smrzava kod 0° C. Kod te temperature možemo imati zajedno u jednoj posudi i led i tekuću vodu. Pokusi su pokazali, da za pretvorbu 1 gr. leda od 0° C u 1 gr. vode također od 0° C treba ni manje ni više nego 80 cal. topline, t. j. toliko topline, da bi mogla jednom gramu tekuće vode od 0° C povisiti temperaturu na 80° C. Ta se toplina zove toplina taljenja ili toplina smrzavanja vode, jer je obratno potrebno opet oduzeti 1 gramu tekuće vode od 0° upravo 80 cal topline, da se pretvori u led od 0° C. Temperatura, gdje stoje u ravnoteži led i tekuća voda, jest 0° C, a zove se talište i ledište vode.

Ravnoteža se ta mijenja privađanjem ili oduzimanjem topline: grijemo li posudu s ledom i tekućom vodom, to će se led taliti, a hladimo li je, to će se tekuća voda smrzavati, — ali temperatura te smjese ostat će dugo stalna. Ostat će stalna poradi visoke topline taljenja vode, kojim svojstvom opet voda znatno nadmašuje mnoga druga tjelesa, kako pokazuju ovi brojevi:

Olovo	5,4	kalorija
Bakar	43	"
Živa	2,82	"
Amonijak . . .	108	"
Benzol	30,1	"
Glicerin	42,5	"
Voda	80	"

Baš zato i jest ovo svojstvo vode regulator toplinskih, a prema tomu i životnih prilika na našoj Zemlji. Na osnovu ovog svojstva ne će se voda u oceanima tako lako smrznuti. Mi možemo zamisliti, da će doći doba, kada će temperatura našeg uzduha spasti već daleko ispod ništice, ali u oceanima, toj kolijevci života, bit će još vrlo daleko od toga, da se sva voda smrzne, baš poradi gore prikazanih prilika s obzirom na latentnu toplinu smrzavanja vode. Zato će u oceanima moći još uvijek eksistirati i te kako bujni život. U njima je život postao, u njima će prema tomu i na koncu prestati.

Još je od većeg znamenovanja za život toplina isparenja vode. Voda vri kod 100° C t. j. ona prelazi u vodenu paru. Ali ugrijemo li mi n. pr. jedan lonac vode na 100° C, pa odmaknemo izvor topline, to ne će sva voda u loncu, ma da ima 100° C, prijeći u paru. Mi joj moramo još i dalje privoditi i to dosta veliku količinu topline. Točni su pokusi opet pokazali, da za pretvorbu 1 grama tekuće vode od 100° C u 1 gr. vodene pare od 100° C treba ni manje ni više nego 536 cal topline. To je velik i važan broj, a zove se latentna toplina isparenja vode. I njime nadmašuje voda daleko sva poznata tjelesa, kako nam donekle prikazuju ovi brojevi:

Latentna toplina isparenja:

Živa	62	kalorije
Sumpor	362	"
Amonijak	295	"
Ugljični dvokis .	72,2	"
Alkohol	236,5	"
Kloroform . . .	67	"
Eter	90,4	"
Benzol	109	"

Iz toga slijedi, da se upravo kolosalna količina sunčane topline troši na isparivanje vode. Meteorolozi računaju, da isparenje oceana na ekvatoru iznosi godišnje otprilike 2,3 m vode, a to znači više nego 1,,,,000,,,000,,000,000.000 kalorija topline na svaki km² površine morske. Taj silni potrošak topline doprinosi znatno za ublaženje tropske klime. No nije samo to, vodena se para diže u atmosferu, a zračne je struje raznose na daleko i široko spram oba zemaljska pola. Vodena se para obara kao kiša opet na Zemlju, da kao božji blagoslov orosi žednu Zemlju i namakne vode žednom bilju; ali ni latentna toplina, potrošena kod isparenja oceana, nije propala. Jer

upravo onoliko, koliko se je potrošilo topline za pretvorbu tekuće vode u paru, oslobađa se opet, kad se vodena para obori na Zemlju kao tekućina. Nema dakle sumnje, da je voda po svojoj specifičnoj toplini i po svojoj latentnoj toplini isparenja onaj moćni regulator, koji dirigira struje vode i vjetrova na našoj Zemlji i uvjetuje na taj način klimatske prilike na njoj, prikladne za život. Nijedna druga tekućina ne bi mogla kod isparenja vezati toliko topline, a nijedna druga para toliko topline osloboditi kod prelaza iz parovitog u tekuće stanje. U tom pogledu zauzimlje voda posebno mjesto, a posljedice toga upravo su nedogledno važne za život na našoj Zemlji.

c) Rastezanje vode prije smrzišta. Svakomu je poznato, da se pod 1 gr. razumijeva težina vode od 1 cm^3 kod + 4^0 C. A zašto baš kod + 4^0 C? Zato, jer voda, za razliku gotovo od svih drugih tjelesa, pokazuje abnormalno rastezanje s promjenom temperature. Sva druga tjelesa povećavaju svoj volum (n. pr. željezna kruglja) zagrijavanjem, a obrnuto se ohlađivanjem stežu. Voda naprotiv zauzimlje kod 4^0 C najveću gustoću, t. j. kubični cm vode od 4^0 C je teži nego cm^3 vode od 2^0 C ili od 10^0 C. I to kod temperature :

	Gustoća vode:
0^0	0,99987
2^0	0,99997
4^0	1,00000
10^0	0,99973
50^0	0,98813
100^0	0,95934

Iz toga slijedi, da je led laglji od tekuće vode. Taj je fakat za život na Zemlji od osobite važnosti. Kad bi kod vode vladale normalne prilike, dakle kad bi led bio gušći t. j. teži od vode, to bi on padao na dno vode, na kojoj bi se stvorio. Pokusom se možemo osvjedočiti, da se takav led, nad kojim leži deblji sloj vode, ne da više tako lako rastaliti. Može se voda na površini ugrijati dapače do vrelišta, a da se on ne počne taliti. Posljedice, koje bi odatle slijedile, lako je razabrati : kad bi led u prirodi padao na dno vodâ, rasla bi njegova količina od zime do zime sve više, jer mu ne bi moglo nauditi ni vruće ljeto. Konačno bi se gotovo sva voda na površini Zemlje pretvorila u led, a to jamačno ne bi bilo na uhar životu na Zemlji. Ali zbog rastezanja vode prije nego se smrzne, ostaje led u zimi kao laganije tijelo na površini tekuće vode, a tople proljetne sunčane zrake odmah padaju na nj i počinju ga smjelo i brzo pretvarati u tekućinu.

d) Voda kao otapalo. Po svojoj moći otapanja voda je nesavladiva gospodarica na našoj Zemlji. Nijedno drugo tijelo nije joj u tom pogledu niti izdaleka doraslo. Po toj svojoj moći gradi ona i razgrađuje kamene hridine, gore i doline i tako stvara od najstarijih vremena do danas površinu kore zemaljske. Neptunizam (Neptun, bog mora) održao je u geološkoj nauci pobjedu nad plutonizmom (Pluto, bog podzemlja, vulkana)! Murray je izračunao, da sve rijeke zajedno na Zemlji godišnje vuku sa sobom 6500 kubičnih milja raznih tvari, a od toga je potpuno otopljeno u vodi gotovo 5,,,000,,000,000.000 kilograma minerala. Oceani nose u sebi samo 35000,,,,000,,,000,,000,000.000 kg. otopljene kuhinjske soli. Činjenica, da se u morskoj vodi nalaze otopljeni ovi elementi i njihovi spojevi : vodik, kisik, dušik, ugljik, klor, natrij, magnezij, sumpor, fosfor, nadalje u manjim količinama : arsen, cezij, zlato, silicij, rubidij, barij, olovo, bor, fluor, željezo, jod, brom, kalij, kobalt, bakar, mangan, nikalj, cinak, aluminij, kalcij, stroncij i vanadij, govori nam jasno, kako je svestrana moć otapanja vode. Zato se i kaže, da se u vodi otapaju sva tjelesa, samo da se radi o omjeru, — neizmjerna masa vode otapa i samo zlato, pa se je izračunalo, da se u svimkolikim oceanima naše Zemlje nalazi gotovo na hiljade tona otopljenog zlata.

Nema zato sumnje, da je i za organizme i za procese u njima moć otapanja vode od osobitog znamenovanja. Organizmi nijesu drugo, — kako veli Bechhold, — nego posuda, napunjena vodenom otopinom, u kojoj se nalaze raspršeni razni koloidi. Šta su to koloidi i koju ulogu igraju u živim bićima, upoznat ćemo kasnije. Zasad ćemo istaknuti još samo to, da se u samoj mokraći čovječjoj nalaze otopljena ova tjelesa : mokraćevina, mokraćna kiselina, kreatin, kreatinin, ksantin, guanin, hipoksantin, adenin, paraksantin, heteroksantin, episarkin, oksalna kiselina, alantoin, hipurna kiselina, benzojeva kiselina, fenolsumporna kiselina, skatoksilsumporna kiselina, homogentinova kiselina, urobilin, urohrom, uroeritin, glukoza, levuloza, laktoza, spojevi glukuronske kiseline, glicin, alanin, leucin, tirosin, druge aminokiseline, razni enzimi, putrescin, kadaverin i još mnogi drugi organski spojevi, zatim kloridi, bromidi, jodidi, fosfati i sulfati, kalij, natrij, amonijak, kalcij, magnezij, željezo, ugljični dioksid, dušik, argon i t. d. Budući da u mokraću dolaze samo tjelesa, koja

su putovala našim tijelom po krvi, to nam šarenilo navedenih imena govori u jednu ruku, da je očito j e d i n a v o d a kadra kao univerzalno otapalo sačinjavati našu krv i druge naše tjelesne sokove, a u drugu ruku nagoviješta nam šarenilo ovih imena, kako moraju biti mnogostrani životni procesi u našem tijelu, kad se iz njega, iz krvi njegove mogu izlučiti sve navedene tvari.

e) S p o s o b n o s t i o n i z i r a n j a. Jedna je pojava kod vodenih otopina osobito zanimljiva. Ima tjelesa, koja otopljena u vodi provode galvansku struju. Nazvana su e l e k t r o l i t i, za razliku od onih tjelesa, koja se u vodi otapaju, ali njihove vodene otopine ne provode galvanske struje. Tako su n. pr. soli, kiseline i baze elektroliti, a organski spojevi, kao slador, mokraćevina, jesu neelektroliti.

Sama sasvim čista voda ne provodi galvanske struje, a ni sami elektroliti za sebe. Kroz potpuno čistu sumpornu kiselinu, u kojoj nema ništa vode, ne prolazi galvanska struja, ali pomiješa li se sumporna kiselina i voda, to istom ta vodena otopina provodi sasma glatko galvansku struju. Zato su fizičari došli na misao, koju je osobito svestrano obradio i dokazima podupro Šved S v a n t e A r r h e n i u s, da se otapanje kiselinâ, baza i soli u vodi ne sastoji samo u tom, da se čestice tih tjelesa, nazvane molekule, razilaze između česticâ (molekulâ) vode, nego da se stanoviti broj tih čestica raspada još na manje dijelove, koji se razlikuju od molekula po tom, što su n a b i j e n i e l e k t r i c i t e t o m. Takove, vanredno sićušne čestice kiselinâ, bazâ i soli, od kojih jedne nose pozitivan, a druge negativan elektrijski naboj, zovu se i o n t i[1], t. j. putnici, jer se slobodno razilaze po vodi, čim koji elektrolit otopimo u vodi, a stavimo li u tu otopinu polove galvanske struje (anodu i katodu), to oni, koji su nabijeni pozitivnom elektricitetom, putuju na negativni pol ili katodu, a oni s negatinom elektricitetom na pozitivni pol ili anodu. Prvi se zovu k a t i o n t i, a drugi a n i o n t i. Ta pojava kod vodenih otopina nazvana je električki raspadaj ili električka disocijacija. Prema tomu imamo u vodenoj otopini kuhinjske soli ne samo vodu (H_2O, molekule vode) i sol ($NaCl$, molekule soli), nego i Na^+, natrijeve elektropozitivne ionte (kationte) i Cl^-, klorove elektronegativne ionte (anionte).

[1] Od grčke riječi ἰών, ἰόντος; prema tomu je hrvatski ispravno ionti (kationti i anionti), ne ioni, kako se često govori i piše.

Voda drobi dakle kod otapanja neka tjelesa na elektricitetom nabijene čestice! Time omogućuje dakako najrazličitije kemijske promjene između tjelesa, koja su u njoj otopljena, kad ih izmiješamo. Te kemijske promjene ne bi inače nastupile. Zato su već alkemisti rekli: corpora non agunt nisi dissoluta. A kao solvens, kao otapalo, zauzimala je voda odvajkada najodličnije mjesto.

I ta sposobnost vode, kojom ona opet znatno natkriljuje sve druge tekućine, igra znamenitu ulogu u procesima, koji se zbivaju u živim bićima. Kasnije ćemo imati prilike, da se uvjerimo o tom.

f) N a p e t o s t p o v r š i n e v o d e. Voda, kao i sve tekućine, karakterizovana je time, da njene čestice nastoje zauzeti što manju površinu. One se skupljaju u k a p l j i c e, u čestice krugljastog oblika, jer u krugljastoj formi tijelo reprezentira najmanju površinu. Velimo, da kod tekućina djeluje na površinu sila, koja nastoji tu površinu smanjiti; nazvali su je n a p e t o s t p o v r š i n e.

Napetost površine može se mjeriti, pa se je opet pokazalo, da voda i u tom svojstvu natkriljuje gotovo sva tjelesa. Evo n. pr. napetosti površine za:

Vodu	75
Amonijak	41,8
Alkohol	22
Glicerin	65
Kloroform	25
Živu	436

Jedino živa nadmašuje znatno vodu.

Jedna od zanimljivih posljedica napetosti površine, penjanje je tekućinâ u sitnim t. zv. kapilarnim cjevčicama. Baš poradi velike napetosti površine uspinje se voda lako u porozne stijene, u bugačicu, u rahlo tlo i t. d. Očito je i to vrlo važan faktor za život na našoj Zemlji, poimence za život i rast bilja, koje iz tla upija vodu i u vodi otopljene hranive tvari.

I druga neka svojstva vodenih otopina dovode se u vezu s promjenama napetosti površine. Pokazalo se je, da su i ta svojstva od važnosti za životne procese, pa se u najnovije vrijeme fiziolozi svestrano bave njima.

Sve u sve držim, i ovo, što je ukratko gore izneseno o vodi, dostatno je i svakoga će uvjeriti, da nije tek fraza i produkt bolesne fantazije, kad se govori o vodi kao izvoru, roditeljici i podržavateljici života.

Što više, i najviši stupanj života, čovječji duševni život, nalazio je i nalazi u vodi okrepe, utjehe i poticaja za velebne svoje tvorevine.

More! Tko nije zadrhtao na domaku njegovu, kad se širi pred nama, kako pjesnik kaže, kao tajna neka kôb?

I mislim, da je pravo zavapio Oskar Wilde,[1] najveći moderni književnik engleski, željan slobode očišćenja tjelesnih i duševnih muka: θάλασσα κλύζει πάντα τἀνθρώπων κακά — more pere čovjeka od svih zala.

B) Kopno.

Kora zemaljska nije odmah bila onako podesna podloga, onako prikladni i ugodni supstrat života, kako je danas. Iz pradavnih morâ, u kojima je već ključao šareni život, stršile su gole kamene hridine, koje su hladno od sebe odbijale morske biljke i životinje. Tvrdo i golo kamenje nije im moglo na svojoj površini dati okrilja i hrane.

Ali kamenje kore zemaljske nije kraj sveg svoga čvrstog i kompaktnog oblika ostalo nepromijenjeno. Sila i moć Sunca, vode, vjetra i drugih faktora djelovala je tako na njegovu površinu, da se je počela trošiti, drobiti i rasipavati u prhke čestice, u prah i pijesak, a sve su se te rastrošine skupljale tijekom vijekova ispod kamenih hridina i bregova u mirnim dolinama i blagim uvalama. Gradile su se polagano i postepeno rahle i prhke naslage, što ih zovemo tlo, zemlja. Tlo dakle, po kojem mi danas bezbrižno gazimo, na kojem dižemo kuće i gradove, a što je najvažnije, na kojem kultiviramo najrazličitije bilje za hranu sebi i domaćim našim životinjama, ta zemlja, bila ona teška ilovača ili rahla pjeskulja, po svom je porijeklu nastala iz čvrstog kamenja.

Kamenje, što sačinjava kostur naše Zemlje, može se prema svom postanku i prema svojoj građi (strukturi) zgodno podijeliti u više skupina.

Već je prije bilo govora o tom, kako je naša Zemlja bila isprva ražarena plinska kruglja, kako se je ohlađivanjem na površinskim slojevima sve više kondenzirala: iz plinovitog stanja prešla je na površini u tekuće, u rastaljenu masu kamenitog materijala, koji se je konačno na površini skrutnuo u čvrstu koru. Kod tog se je polaganog skrućivanja ve-

[1] Oskar Wilde: De profundis.

ćina rastaljenih ruda, od kojih je izgrađeno kamenje, uledila, iskristalizirala; zato se gromade tog kamenja, što ga još i danas nalazimo na stanovitim mjestima sadašnje kore zemaljske, nazivlju kristalično prakamenje.

Prvotna kruta kora zemaljska bila je relativno tanka. I danas se cijeni debljina krute kore naše Zemlje tek na nekih 60 km., dakle na tanji sloj, nego što ga čini atmosferski plašt naokolo naše Zemlje (preko 80 km!). A polumjer Zemlje iznosi 6370 km!

Pod krutom korom zemaljskom nalazila se je rastaljena masa kamenja, t. zv. magma, a još dublje užareni plinovi pod vrlo velikim tlakom. I to kruta kora dosezala bi u dubljinu od nekih 60 km., magma dalje do dubljine od 300 km., a sve ostalo — do središta Zemlje još je nekih 6000 km — u unutrašnjosti naše Zemlje bili bi plinovi. Prema tome je još i danas naša Zemlja od najveće česti plinovito tijelo, ako imaju pravo oni istraživači, koji tvrde, da je u središtu naše Zemlje materija u plinovitom stanju.

Da li je upravo tako, nije lako kazati. Nazori prirodoslovaca razilaze se dakle u tom pogledu. Tako se na pr. iz toga, što se naša Zemlja ponaša kao ogromni magnet, zaključuje, da je središte naše Zemlje kruta željezna kruglja. Ali se to ne može složiti s temperaturom i tlakom, koji ondje vladaju. Bušenja u koru zemaljsku na raznim dijelovima zemaljske površine, koja istinabog dosežu neznatnu dubljinu od najviše 2 km., iznesla su na vidjelo, da temperatura raste za svakih 30—40 m za 1° C. Iz toga se zaključuje, da je u središtu naše Zemlje vrlo visoka temperatura; cijeni se na ništa manje nego 100.000° C. A isto tako i tlak raste sve više prema unutrašnjosti Zemlje; za svaki kilometar nekih 250 atmosfera. Zato se cijeni tlak u središtu Zemlje na 3,000.000 atmosfera. Kod tako visoke temperature i tako velikog tlaka ne može prema iskustvu kemije i fizike nijedno od poznatih nam tjelesa eksistirati u krutom ili tekućem stanju. Svako naime tijelo ima svoju kritičku temperaturu, a to je temperatura, iznad koje ne može tijelo ni najveći pritisak stlačiti u tekućinu ili kruto tijelo. Baš zato nije dugo pošlo za rukom na pr. zrak pretvoriti u tekućinu, jer spoznaja o kritičkoj temperaturi nije kod odnosnih pokusa bila uzeta u obzir. Zrak su tlačili najvećim pritiskom, ali je ipak ostao plin, — jer se je nalazio visoko iznad svoje kritičke temperature. Ohladi li se zrak ispod svoje kritičke temperature, koja leži

dosta nisko ispod 0° C (kod — 140° C), to ga možemo s relativno slabim tlakom od 39 atmosfera stisnuti u tekućinu, u t. zv. tekući uzduh.

Zato se opravdano drži, da u unutrašnjosti naše Zemlje ispod krute kore dolazi tekućina magma, a najveći dio unutrašnjosti Zemlje mora da je u užarenom plinovitom stanju. Ali se misli i to, da između tih triju agregativnih stanja nije onako velika razlika, kao kod običnog tlaka na površini naše Zemlje, nego da se i tekućina magma i plinoviti slojevi ispod nje ponašaju u glavnom kao kruta tjelesa. Razlog je tomu vrlo visoki tlak, koji vlada u unutrašnjosti naše Zemlje.

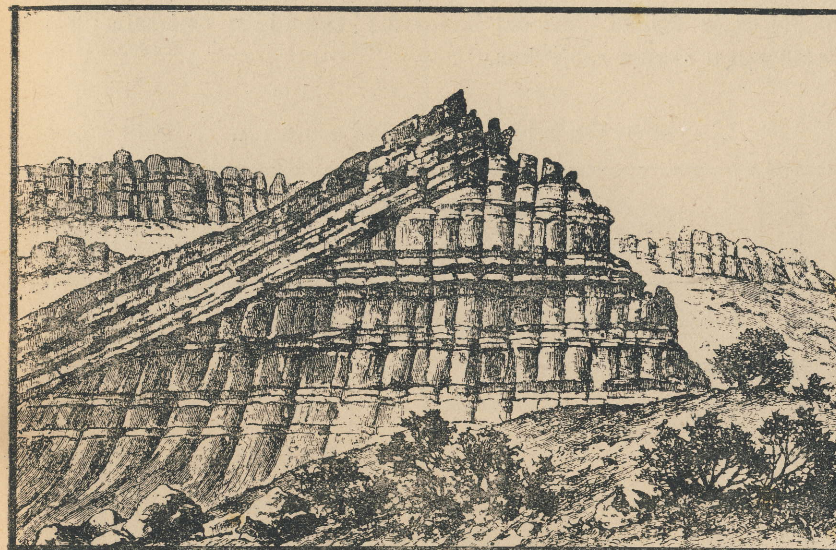
Bilo kako bilo, fakat je, da na krutu površinu naše Zemlje kroz vulkanska ždrijela iz unutrašnjosti zemaljske provaljuju mase rastaljenog kamenja i plinovi kao ugljični dvokis, vodena para i vodik. Nema sumnje, da su takove provale morale biti puno češće i puno obilnije u ono doba, dok je još na Zemlji bila tanka prvotna kora kristaliničnog kamenja. Magma, što je u ono davno doba provalila tako na površinu, razlila se je kao rastaljena lava po tom kamenju, a ohlađivanjem se je skrutnula i ona u čvrstu koru, čvrste kamenove, kristalinične slojeve, koji se danas obično nazivaju eruptivno kristalinično kamenje.

Od kristaliničnog prakamenja i eruptivnog kristaliničnog kamenja drži se da su postale sve ostale kamenite tvorevine na kori zemaljskoj. Kod toga su sudjelovali različiti faktori, kao n. pr. stezanje Zemlje na manji obujam, osobito pak voda. Voda, koja je sadržavala isprva mnoge otopljene plinove, imala je daleko jaču moć otapanja i izjedanja nego danas. Osim toga joj je i temperatura bila znatno viša. Mora dakle da se je u toj pravodi otopilo i rastvorilo mnogo od prvotne kore zemaljske, od prvotnog prakamenja, a kako je voda opet hlapila i vraćala se u atmosferu, iz koje je i prvi put pala na Zemlju, to je ostavljala iza sebe staložene naslage otopljenog kamenja, koje je onda sačinjavalo čvrstu koru zemaljsku, dajući joj novi oblik, nove kamenite forme i grebene, na kojima su se jasno razabirali pojedini slojevi, pojedine naslage; nastalo je kamenje, koje nazivaju taložno ili sedimentarno kamenje. Pogled na takove naslage, što nam ih primjerice prikazuje slika 10., govori jasno, da je kod njihova postanka imala svoje prste voda.

Voda je ujedno ona moć, koja je čvrste kristalinične grebene postepeno i polako trošila i drobila i sa sobom nosila; tako su nastali

u dolinama slojevi rahle zemlje, u kojoj je razno bilje moglo raširiti svoje korijenje. A čim se je ono pojavilo na kopnu, primamilo je k sebi i životinje iz mora; život se raširio i na tlo, na kopno, da zavlada na njem isto onako svestrano i veličajno, kao i na površini i u dubinama morskim.

Ali i život je sudjelovao kod formiranja kore zemaljske. Već je bilo govora o tom, kako je t. zv. karbonatno kamenje: vapnenci, kreda, dolomiti i t. d., nastalo uz sudjelovanje organizama. Ujedno su organizmi, i to osobito bilinski, ugibali i dolazili pod zemlju, gdje su stvorili primjerice naslage uglјena, a uz biljke su sudjelovale i razne životinje kao na pr. gljiste, crvi i t. d., tako da su čvrstu i tešku ilovaču pretvarali polagano u rahlu i za rast biljke osobito podesnu zemlju crnicu.



Sl. 10. Sedimentarne naslage u dolini *Yellowstone*, Sjeverna Amerika.

Da uzmognemo što bolje shvatiti odnošaj tla spram bilinskog i životinjskog razvoja i rasta na Zemlji, potrebno je, da malo zavirimo u kemijske i fizikalne prilike i odnošaje na kori zemaljskoj.

Predočimo li Zemlju umanjenu na veličinu naranče, to ni najdublja bušenja u koru zemaljsku nijesu još prodrla izvanju, tanku, žutu koru

narančinu. Jasno je dakle, da je naše znanje o sastavu i građi zemaljske kruglje prema tomu još veoma krnje i nesigurno. Baš zato se broj kemijskih elemenata na Zemlji ne može potpuno odrediti. Danas se govori u kemiji o nekih 90 elemenata, ali se goji nada, da će poći za rukom otkriti na Zemlji još koji elemenat, a ujedno postoji sumnja, da li su svi od sadanjih kemijskih elemenata doista jednostavna počela, koja se eventualno ne bi dala rastaviti na jednostavnije sastojine. Evo tabele kemijskih elemenata, koja sadržaje uz ime elementa njegov kemijski znak ili simbol i njegovu atomnu težinu, t. j. uteznu količinu, s kojom je dotični elemenat kao s najmanjim omjernim brojem zastupan u svojim spojevima.

Tablica elemenata.

Simbol	Ime	Atomna težina 0 = 16	Simbol	Ime	Atomna težina 0 = 16
Ag	Srebro (Argentum).	107,88	Co	Cobalt	58,97
Al	Aluminij	27,1	Cr	Chrom	52,00
Ar	Argon	39,88	Cs	Cezij	132,81
As	Arsen	74,96	Cu	Bakar (Cuprum) . .	63,57
Au	Zlato (Aurum) . . .	197,2	Dy	Dysprozij	162,5
B	Bor	11,0	Er	Erbij	167,7
Ba	Barij	137,7	Eu	Europij	152,0
Be	Berilij	9,1	F	Fluor	19,0
Bi	Bismut	208,0	Fe	Željezo (Ferrum) . .	55,84
Br	Brom	79,92	Ga	Galij	69,9
C	Ugljik (Carbonium).	12,00	Gd	Gadolinij	157,3
Ca	Calcij (Vapnik) . . .	40,07	Ge	Germanij	72,5
Cd	Cadmij	112,40	H	Vodik (Hydrogenium) .	1,008
Ce	Cer	140,25	He	Helij	3,99
Cl	Klor	35,46	Hg	Živa (Hydrargyrum).	200,6

Simbol	Ime	Atomna težina 0 = 16	Simbol	Ime	Atomna težina 0 = 16
In	Indij	114,8	Rb	Rubidij	85,45
Ir	Iridij	193,1	Rh	Rhodij	102,9
J	Jod	126,92	Ru	Rutenij	101,7
K	Kalij	39,10	S	Sumpor	32.07
Kr	Kripton	82,9	Sb	Stibij (Antimon) . .	120,2
La	Lanthan	139,0	Sc	Scandij	44,1
Li	Litij	6,94	Se	Selen	79,2
Lu	Lutecij	174,0	Si	Silicij (Kremik) . . .	28,3
Mg	Magnezij	24,32	Sm	Samarij	150,4
Mn	Mangan	54,93	Sn	Kositar (Stanum) . .	119,0
Mo	Molibden	96,0	Sr	Stroncij	87,63
N	Dušik (Nitrogenium) .	14,01	Ta	Tantal	181,5
Na	Natrij	23,00	Tb	Terbij	159,2
Nb	Niobij	93,5	Te	Telur	127,5
Nd	Neodymij	144,3	Th	Thor	232,4
Ne	Neon	20,2	Ti	Titan	48,1
Ni	Nikalj	58,68	Tl	Thalij	204,0
Nt	Niton	222,4	Tu	Thulij	168,5
O	Kisik (Oxygenium) .	16,00	U	Uran	238,5
Os	Osmij	190,9	V	Vanadij	51,0
P	Fosfor (Phosphor) .	31,04	W	Wolfram	184,0
Pb	Olovo (Plumbum) .	207,10	X	Xenon	130,2
Pd	Paladij	106,7	Y	Ytrij	89,0
Pr	Praseodym	140,6	Yb	Ytterbij	172,0
Pt	Platina	195,2	Zn	Cinak (Zincum) . . .	65,37
Ra	Radij	226,4	Zr	Zirkonij	90,6

Navedeni elementi zastupani su u poznatoj i pristupnoj nama kori zemaljskoj u vrlo nejednakim količinama. Kisik sačinjava gotovo 50% poznatog dijela zem. kruglje, a elementi: silicij, aluminij,

ž e l j e z o, k a l c i j, u g l j i k, m a g n e z i j, n a t r i j, k a l i j i v o d i k čine zajedno s kisikom 99% zemaljske kore. Za sve ostale elemente, oko 70 ih na broju, preostaje dakle samo 1%. Nekoji od njih, kao n. pr. litij i cezij, jesu doduše veoma rašireni, ali se javljaju samo u veoma malenim količinama, a drugi opet, kao na pr. niob i tantal, nalaze se i u relativno malenim količinama i na rijetkim mjestima zemaljske kore.

Navedeni se elementi ne nalaze ponajvećma u čistom ili elementarnom stanju u zem. kori, nego u spojevima. Tako je osobito raširen spoj kalija, aluminija, silicija i kisika, koji je kao ruda g l i n e n a c zastupan ne samo obilno u kamenitom kosturu naše Zemlje, nego su upravo njegove rastrošine napunile kao g l i n a i i l o v a č a nizine između čvrstog kamenitog gorja i sačinjavaju tako supstrat, tlo, na kojem se je razvila vegetacija naše Zemlje, u čijem su onda hladu našle hrane i zaklona mirijade kopnenih životinja.

Gotovo i nema tako loše zemlje, da na njoj ne bi mogla rasti bar kakova biljka. Evo tvrdokornih i otpornih lišajeva, koji su se zagrizli u golo kamenje i uporno prkose nestašici hrane, zimi i vjetrovima, što ih šibaju! Ali gdje raste lišaj i ini korov, ne raste sočna djetelina i pšenica-bjelica. Kulturno bilje, što ga čovjek uzgaja za hranu sebi i životinjama, traži i posebno kultivirano tlo.

Iz tla naime crpe biljka vodu i u vodi otopljene hranive tvari. No ne samo to, tlo mora biti i po svojim fizikalnim svojstvima, po svojoj rahlosti, sipkosti i t. d. zgodno za pričvršćivanje bilja u zemlji i za cirkulaciju zraka i vode i u vodi otopljenih hranivih tvari u onim slojevima tla, u kojima se raširuju podzemni bilinski dijelovi. Zato se kulturno tlo u jednu ruku g n o j i, t. j. umjetno mu se dodavaju za bilje potrebne hranive sastojine, a u drugu ruku opet, ono se o b r a đ u j e, ore i kopa i t. d., da se što povoljnije udesi i prilagodi za rast kulturnog bilja.

Koje su to hranive tvari u kulturnom tlu i kako ih biljka iz njega vadi, čut ćemo kasnije. Sad ćemo spomenuti još samo to, da je jedna osobita sposobnost tla, i to u prvom redu gline i ilovače u njemu, od važnosti za rast bilja, a to je, da tlo ne propušta vodu lako u dublje slojeve, nego je upija, apsorbira, a s njom zajedno i u vodi otopljene hranive soli. Tlo, koje nema te sposobnosti, n. pr. sipke i za vodu kao sito propusne pješčane ravni pustare S a h a r e, ne nosi na sebi bujnog života. Sama suha kora zemaljska ne dostaje za život; istom udruženjem tla s vodom postaje zemlja plodni supstrat života.

* * *

Površina kopna zauzimlje samo oko 26% vascijele površine naše Zemlje. Sve drugo je voda, oceani. I to, oceani su daleko rašireniji na južnoj poluci naše Zemlje nego na sjevernoj. Srednja visina kopna računa se na 700 m, a srednja morska dubljina na 3.500 m; prema tomu je na površini, koju zauzimlje voda, t. j. na 374×10^6 km² nešto oko 1.309×10^6 km³ vode.

Kontinenti i mora podijeljeni su na ove površine:

Evropa	9,81	$\times 10^6$ km²
Azija	44,34	„ „ „
Afrika	29,77	„ „ „
Sjeverna Amerika .	20,56	„ „ „
Južna Amerika . .	17,83	„ „ „
Australija i Oceanija	8,96	„ „ „
Polarni krajevi . .	4,38	„ „ „
Suma kopna .	135,65	$\times 10^6$ km²

Veliki ocean	175,6	$\times 10^6$ km²
Atlanski ocean . . .	88,6	„ „ „
Indijski ocean . . .	74,0	„ „ „
Južno ledeno more .	20,5	„ „ „
Sjeverno ledeno more	15,3	„ „ „
Suma mora .	374	$\times 10^6$ km²

Kopno i more t. j. površina naše Zemlje iznosi prema tomu: $509,65 \times 10^6$ km². Računa se, da na svaki kvadratni metar (m²) morske površine dolazi 150—180 gr organske tvari, isto toliko, koliko i na jednako veliku plohu o b r a đ e n e zemlje.

II.

Kemijska građa živih bića.

aošto se ne mogu naći ni dva čovjeka, koji bi bili u svemu potpuno jednaki, tako se ne mogu naći ni u jednoj od neizmjernog mnoštva bilinskih i životinjskih vrsti dva potpuno jednaka oblika; pravo se zato kaže, da priroda poznaje samo individue. Upravo bezbroj životinjskih i bilinskih individua reprezentira prema tomu bezbroj najrazličitijih formâ, u kojima se očituje život na Zemlji. Šarenilo životnih oblika tako je dakle mnogostrano, da čovjeku upravo pamet staje i sile iznemažu, kad nastoji da sve te bilinske i životinjske forme svrsta u neki pregledni prirodni sistem (sustav).

A ipak je s obzirom na kemijsku građu živih bića u jednu ruku, a rudâ i kamenjâ na našoj Zemlji u drugu ruku, zanimljiva razlika. Dok su rudni oblici izgrađeni od preko osamdeset kemijskih elemenata, to je u živim bićima zastupano, i to bez iznimke kod sviju, samo dvanaest bitnih kemijskih elemenata: ugljik, vodik, kisik, dušik, fosfor, sumpor, klor, kalij, natrij, kalcij, magnezij i željezo. Samih tih dvanaest elemenata dosta je za izgradnju neizmjernog upravo šarenila bilinskih i životinjskih oblika na našoj Zemlji! I to dvanaest elemenata, koji su i inako dovoljno zastupani u mrtvoj prirodi, tako da nijedan od njih ne čini neki posebni specifikum, neki izuzetak i privilegij samo za živa bića! Fakat je taj vrlo zanimljiv, pa je zato često bio povodom filozofskih razmatranja o životu, u koja se razmatranja mi na ovom mjestu ne ćemo upuštati.

Nije čudo, da je kemija ove elemente osobito uzela na oko. Trud njezin kroz gotovo cijelo jedno radino stoljeće okrunjen je lijepim i vanrednim uspjehom. Kemija je naime pokazala, da je prvi od ovih elemenata ugljik ili carbonium (C) kadar samo sa narednih pet elemenata i to s vodikom, kisikom, dušikom, fosforom i sumporom

izgraditi umjetno blizu 150.000 najrazličitijih kemijskih spojeva. Broj je taj upravo kolosalan.

Grana kemije, koja proučava te spojeve, nosi ime organska kemija ili kemija ugljikovih spojeva, jer se u svakom od tih spojeva nalazi ugljik.

Po svom nazivu stoji ta naučna grana u vezi sa živim bićima, s organizmima. Ali samo po nazivu. Inače izgrađuje ona i razgrađuje svoje ugljikove spojeve bez obzira na život, ma da nastoji — osobito u novije vrijeme — da podržava budni kontakt s kemijom živih bića, s biokemijom. Jer i ugljikovi spojevi, koji izgrađuju tijelo biljaka i životinja, također spadaju u organsku kemiju. Ali oni po svom broju, tek nekoliko stotina, zaostaju za brojem umjetnih organskih spojeva (150.000!), koji nadmašuju daleko i spojeve svih ostalih elemenata, i u mrtvoj prirodi, i umjetno od rudnih spojeva i elemenata načinjene spojeve, kojih ima tek nešto oko 25.000.

Ali ne zaostaju po svojoj važnosti. Prirodni organski spojevi, kemijska građa organizama, privlačila je uvijek interes prvakâ kemijske nauke. Osobito odonda — prvi je korak učinio Wöhler god. 1828. — kad se je svestrano ustalila misao, da je prirodni organski materijal nastao po istim kemijskim zakonima, kao i kemijski spojevi u mrtvoj prirodi i umjetno načinjena tjelesa u kemijskim laboratorijima.

Nadalje nadmašuju prirodni organski spojevi sva ostala tjelesa po svojoj kompliciranosti. Baš zato se je držalo, da nikada ne će poći za rukom načiniti najkompliciranija organska tjelesa, koja se stvaraju u živim bićima i koja su nosioci životnih funkcija organizama. Ali nauka, koja je upravo neumorno izgradila više od 150.000 organskih spojeva, nije položila oružje pred velebnom i tajnom prirodnom kemijskom tvornicom, nego nastoji svim silama, da uđe u trag faktorima i operacijama, po kojima priroda radi, i da tako prikupi posve u svoju grandioznu zgradu i najkompliciranija i za život najvažnija tjelesa. Dosad učinjeni, iako istom prvi sigurni koraci, okrunjeni su lijepim uspjesima i izgledima u budućnost. Mi ćemo se kasnije upoznati s njima.

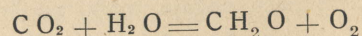
Zasad ćemo obratiti našu pažnju tomu, na koji način cirkulira navedenih dvanaest elemenata u živoj prirodi.

Ugljik dolazi u ekonomiju života iz naše atmosfere i to iz plina CO_2, iz ugljičnog dvokisa. Kako je ugljik prvi i najvažniji organogeni

elemenat, to su se istraživaoci bavili pitanjem, da li je život na našoj Zemlji gledom na količinu tog elementa osiguran. Mi smo već prije istaknuli, odakle crpe naša atmosfera svoj za život tako važni ugljični dvokis, ujedno smo naveli, na čemu osnivaju fiziolozi svoju bojazan, da će tog plina polagano, ali sigurno tijekom vremena nestati iz naše atmosfere. Najveća je naime količina ugljika pohranjena u karbonatnom kamenju (vapnencima i dolomitima), a samo maleni se dio nalazi u obliku drugih spojeva, zatim u ugljenu i u elementarnom stanju, kao dijamant, grafit i amorfni ugljik. A baš ugljik karbonatnog kamenja, kojemu neprestano raste masa na račun silikatnog kamenja, za život je mrtvi kapital.

Iz ugljičnog dvokisa, koji stupa u život t. zv. procesom asimilacije u zelenim biljkama, gradi bilinski organizam dalje, postepeno sav ostali organski materijal, što ga i biljke i životinje trebaju za život, a to su u prvom redu ugljikohidrati, masti i proteini ili bjelančevine. Životinje naime primaju te ugljikove spojeve već gotove u svoje tijelo, pa ih samo prema svojim potrebama prekrajaju i formiraju. Životinje (i čovjek) vraćaju ujedno ugljik natrag iz cirkulacije u ekonomiji života u atmosferu i to opet ponajviše u obliku ugljičnog dvokisa. S njime počinje i svršava se cirkulacija najvažnijeg elementa za život, ugljika, što su ga neki prirodoslovci (na pr. E. Haeckel) iz oduševljenja, jer nema nijednog organskog tijela, u kojem ne bi bilo ugljika, nazvali nekim stvarateljem života.

Vodik ulazi u živa bića samo u spojevima i to ponajviše u obliku vode: H_2O. Samo neznatan dio vodika upijaju biljke iz tla u obliku amonijaka, spoja između dušika i vodika: NH_3. Kod procesa asimilacije ugljičnog dvokisa stupa vodik iz vode na mjesto kisika u CO_2 i to na mjesto jednog kisika, a taj se onda udružuje s preostalim kisikom iz vode i odilazi u zrak. Stvara se tako najjednostavniji spoj između tri elementa: ugljika, vodika i kisika, od kojeg onda daljnjim procesima u biljci postaju sva tjelesa, koja su izgrađena od tih elemenata, a to su ugljikohidrati i masti. Početni taj proces dao bi se dakle približno prikazati ovom jednostavnom kemičkom jednadžbom:



$$CO_2 + H_2O = CH_2O + O_2$$

(Ugljični dvokis) + (Voda) = (Formaldehid) + (Kisik)

Energija, koja taj proces izazivlje, sunčano je svijetlo.

I vodik, što unilazi u biljke kao amonijak, sudjeluje zajedno s važnim svojim drugom u amonijaku, s dušikom, kod izgradnje organskih spojeva, koji po svojoj ulozi u bilinskom tijelu, a preko biljaka i u životinjskom, zauzimlju prvo mjesto; zato se i zovu proteini. Iz igre života istupa vodik opet ponajviše kao voda i kao amonijak.

Kisik stupa u životne procese kao elementarni plin iz naše atmosfere, ali ga i njegovi spojevi: CO_2, H_2O, a i neke soli donose sa sobom u organizme. Dok bilinski organizmi troše razmjerno malo elementarnog kisika, što više, oni ga iz ekonomije života vraćaju natrag u atmosferu, to se nasuprot život životinjski i čovjekov sastoji u neprestanom trošenju kisika, u neprestanom izgaranju ili oksidaciji. A jer kisik iz atmosfere troše još i drugi procesi na našoj Zemlji, kao na pr. gorenje ugljena, zatim oksidacija nekih željeznih i sumpornih ruda, koje su zastupane u velikim količinama, to su fiziolozi i s obzirom na količinu slobodnog kisika u zraku izrekli bojazan, da je potrošak toga plina veći, nego li njegova produkcija, koja se odigrava kod procesa asimilacije ugljičnog dvokisa po biljkama. Zato prijeti opasnost, da će i kisika, kao i CO_2 s vremenom nestati iz atmosfere, a to je svakako porazno za razvoj života na našoj Zemlji.

Kisik prelazi u životinjskim organizmima procesom sagorijevanja u njima u CO_2 i kao takav ih ostavlja, da stupi dalje u biljkama u tom obliku u igru života. Biljke ga jednim dijelom izlučuju iz sebe, dok iz drugoga izgrađuju važna tjelesa, kao sladore, masti, proteine. Ovaj potonji dio kisika oslobađa se iz živih bića raspadanjem organske građe u obliku raspadajnih konačnih njenih produkata, a to su ugljična kiselina (CO_2), voda (H_2O), mokraćevina ($CO.[NH_2]_2$), mokraćna kiselina i t. d. To je cirkulacija kisika.

Dušik je također neminovno potreban za život, jer je bitna sastojina najvažnije građe bilinskih i životinjskih organizama, koju nazivaju proteinima ili bjelančevinama. Ali — kako smo već čuli — za izgradnju tih tjelesa, koja se zbiva u biljkama, ne mogu obično biljke upotrebiti plinoviti dušik iz zraka. Zato stupa dušik u životne procese istom po svojim spojevima, kojih je na Zemlji, u tlu, relativno malena količina, a to su amonijak, nitrati i nitriti. Iz tih spojeva izgrađuje biljka proteine, a životinje i čovjek ih već kao gotova tjelesa primaju i prema svojim potrebama prekrajaju. Dušik cirkulira dakle iz tla u biljke, iz njih od česti dalje u životinje, a sve u obliku

spojeva, koji su postepeno sve zamršeniji. Životinjsko tijelo ostavlja dušik najviše još u formi organskih spojeva, koji se izlučuju iz životinja i čovjeka s m o k r a ć o m, ali se ovi na zraku, posredovanjem mikroorganizama, konačno vraćaju natrag u anorganske spojeve, iz kojih su proizašli, t. j. u amonijak, nitrate i nitrite. Isto tako, ako ugine životinja ili biljka, pa polagano sagnjije, to se kod tog važnog procesa komplicirani dušikovi organski spojevi raspadaju natrag u anorganske: u amonijak, nitrate i nitrite. Kako bez proteina nema života, a ovih opet bez navedenih anorganskih dušikovih spojeva, to je također važno pitanje, da li je tih tjelesa, t. j. amonijaka, nitrata i nitrita toliko na Zemlji, da život ne mora stradati poradi njih.

Prema prikazanoj cirkulaciji dušikovih spojeva u živim bićima, organizmi sami po sebi ne uništavaju dušikove spojeve, jer ih vraćaju natrag u istoj konačnoj formi, u kojoj su ih i primili. Ali čovjek raznim postupcima pretvara v e z a n i dušik u s l o b o d n i i tako radi na zator života na Zemlji. Spaljivanjem šuma, smeća i mrtvaca, a isto tako ispaljivanjem baruta, ekrasita i drugih eksplozivnih tvari, koje su izgrađene od d u š i k o v i h spojeva, prelazi vezani dušik u slobodni, vraća se u atmosferu kao inaktivan, mrtav plin, koji ne stupa više tako lako u igru života. Zato i kaže znameniti njemački fiziolog B u n g e u svojoj fiziologiji: Im diesen Sinne kann man behaupten, dass jeder Schuss eines Feuergewehrs tödtet, ja dass er gleich viel Leben vernichtet, mag die Kugel ein lebendes Wesen treffen oder nicht. Denn durch den Tod des Individuums wird kein Leben zerstört ; aus dem Zerfall des Körpers blüht ebensoviel neues Leben wieder empor. Wird aber gebundener Stickstoff zerstört, so ist definitiv das Kapital vermindert, von dessen Grösse die Summe des Lebenden abhängt.[1] Isto je tako izračunao B u n g e, da bi i spaljivanje mrtvaca bilo na štetu života na Zemlji, jer prema godišnjem pomoru dolazi na svaki km² površine zemaljske 10 mrtvika u 50 godina, a to je ipak od utjecaja na plodovitost tla, u kojem se i onako nalaze dušikovi spojevi u minimumu, pa

[1] „Prema tomu možemo tvrditi, da svaki iz puške ispaljeni hitac ubija, dapače, da on uništava jednako mnogo života, pogodilo tane živo biće ili ne. Jer smrću živog individua ne razara se život; iz tijela, koje se raspada, raste isto toliko novog života. Raspada li se pak vezani dušik, to se umanjuje definitivno onaj kapital, o veličini kojega ovisi suma života na Zemlji".

ih treba kod uzgoja hranivih biljaka dodavati tlu, jer kulturno tlo treba đubriti, a to će reći dodavati mu dušikove spojeve.

Ali prekomjerna bojazan B u n g e o v a paralizirana je novijim tehničkim uspjesima, jer se dušikovi spojevi — kako smo već prije spomenuli — dobivaju na veliko iz z r a k a. U najnovije je vrijeme, god. 1916., podignuta na pr. u Bohusu kraj Göteborga (Švedska) velika tvornica za dobivanje amonijaka iz zraka po metodi L u n d é n a, koja će baciti na tržište znatne količine jeftinog amonijaka i amonijskog nitrata. Na taj način ljudi, koji uludo rasiplju dragocjene dušikove spojeve, s druge strane opet namiču i stavljaju u igru života nove količine tog materijala iz rezervoara, koji je upravo neiscrpiv i neuništiv. Pravo je zato rekao grčki pjesnik: Ništa nije veće od čovjeka!

F o s f o r a nema u elementarnom stanju u prirodi. U kori zemaljskoj dolaze samo njegovi spojevi, iz kojih unilazi fosfor u život, pa ga sadržavaju u sebi osobito organski spojevi, što ćemo ih upoznati pod imenom lipoida ili fosfatida, koji igraju važnu ulogu kod životnih procesa. Biljke dobivaju fosfor iz njegovih spojeva, od koji je najrašireniji kalcijev fosfat, kao ruda nazvan a p a t i t. Ali taj fosforni spoj nije u vodi topljiv. Zato se biljke služe važnim pomagalima i sokovima, da izrabe njegov fosfor za produkciju gore spomenutih organskih fosfornih spojeva. A i čovjek nastoji, da im u tom pogledu bude na ruku. Priređuje se u posebnim tvornicama (takva je na pr. tvornica »Danica« kraj Koprivnice) iz apatita fosforno gnojivo, fosforni spojevi, koji se laglje otapaju u vodi; oni se onda dodaju kulturnom tlu, da mu se namakne potrebni fosfor, koji se također nalazi vrlo često na našim poljima u najmanjoj količini, u minimumu, koji je tek za rast biljaka potreban, a nedostaje za procvat bujne vegetacije, kako je želi uzgojiti marljivi poljodjelac za hranu sebi i svojima.

Fosfor ostavlja živa bića u obliku anorganskih spojeva, — naše kosti na pr., što trunu u zemlji, sadržavaju neko 60% kalcijeva fosfata, — pa može opet u zgodnim prilikama stupiti iz njih u igru života, da na najodlučnijem mjestu, u našem mozgu i živčevlju, koji u sebi sadržavaju fosfornih spojeva, pridonese svoj obol najvišim manifestacijama života.

S u m p o r a ima dosta na našoj Zemlji, i u elementarnom stanju, i u spojevima. Iz ovih potonjih, koji unilaze preko korijenja iz tla u bilinsko tijelo, vadi biljka ono nešto malo sumpora, što ga treba za iz-

gradnju najvažnijeg organskog materijala, p r o t e i n â. Ma da je to tek neznatna količina, ipak bez sumpornih spojeva ne bi moglo biti živih bića na Zemlji. Sumpor ostavlja živa bića u obliku svojih spojeva, koji se odlikuju osobito neugodnim vonjem; svatko pozna smrad gnjilih jaja, koji upravo potječe od sumpornih spojeva, što ostavljaju život i njegove procese. Jaje naime smrdi, kad više nije živo, kad se je počelo raspadati, kad je uginulo.

Elementi k l o r, k a l i j, n a t r i j, k a l c i j i m a g n e z i j nalaze se u tlu i vodi u obliku spojeva, u obliku raznih s o l i, pa unilaze u istom tom obliku u žive organizme. Ondje sudjeluju kod životnih procesa ponajviše u istom tom anorganskom stanju. Isto tako ostavljaju ovi elementi živa bića kao anorganske soli i vraćaju se natrag u tlo. Spomena je vrijedno, s obzirom na rast kulturnog bilja, da je često potrebno i spojeve nekih od spomenutih elemenata, na pr. k a l i j e v e i k a l c i j e v e, umjetno dodati tlu, jer ih je ondje premalo u onoj formi, u kojoj mogu stupiti u ekonomiju života, t. j. u topljivom obliku.

Od dvanaest za život neophodno nužnih kemijskih elemenata neka posljednje bude spomenuto g v o ž đ e ili ž e l j e z o. Ali njegova uloga u biljkama i životinjama nipošto nije posljednja. Blijedom liku čovjekovu i slabom zelenilu biljke često je razlog u pomanjkanju željeza. Jer crvena boja naše krvi, zovu je h e m o g l o b i n, kao i zelena boja biljaka, zovu je k l o r o f i l, stoje u stanovitom odnošaju spram željeza. U hemoglobinu, organskom spoju, koji se ubraja među najkompliciranije proteine, nalazi se željezo kao sastavni njegov dio, za koji se drži, da omogućuje onu zadaću, što je hemoglobin ima u našoj krvi, a to je prenašanje k i s i k a po čitavom našem tijelu. Klorofil pako, zelena boja bilja, nema doduše u sebi željeza, ali ne može nastati bez prisutnosti tog elementa. Kad se upoznamo pobliže s ulogom klorofila u biljkama i kad svestrano promotrimo putovanje i djelovanje kisika, što ga hemoglobin prenosi po organizmu čovječjem i životinjskom, bit će nam daleko jasnija važnost željeza za život.

Željezo se nalazi na Zemlji u obliku kemijskih raznih spojeva, pa onda iz njih unilazi u organizme.

To je dvanaest kemijskih elemenata, od kojih je izgrađen materijal svakog i najjednostavnijeg živog bića. Svaki ih organizam neminovno treba za svoju eksistenciju. Osim tih dvanaest elemenata

nalaze se još neki kemijski elementi, ali samo u nekim živim bićima. Baš zato se opravdano drži, da ti elementi nijesu neophodno potrebni za život na Zemlji. Tako je na primjer s i l i c i j ili k r e m i k zastupan u obliku kremične kiseline (silicijskog dvokisa = SiO_2) u biljkama, u ptičjim jajima, f l u o r u vanredno malenim količinama na pr. u goveđoj krvi (istom u 3000 cm^3 krvi može se dokazati njegova prisutnost), b r o m i j o d u morskim biljkama, ali je jod otkriven i u čovječjoj žlijezdi gušterači (otkrio ga je u njoj B a u m a n n). Nadalje je a l u m i n i j začudo dobro zastupan u nekim bilinskim vrstama (Lycopodium), gdje sačinjava 57% pepela, napokon m a n g a n također u nekim biljkama, a b a k a r u krvi glavonožacâ, rakova i u perju nekih afrikanskih ptica (vrsti Turacus). No svi ti elementi: silicij, fluor, brom, jod, aluminij, mangan i bakar ne mogu se smatrati bitnim sastavinama organizovane materije, ma da nekoji od njih izvršuju zanimljivu ulogu u živim bićima.

Pristupit ćemo sada k pobližem promatranju građe organizama, da upoznamo kemijsku narav i s njom skopčana svojstva pojedinih tjelesa, što su zastupana u živim bićima. Cjelokupni ćemo materijal podijeliti u p e t skupina,[1] u pet kratkih poglavlja, u kojima ćemo se pozabaviti kemizmom, fizikalnim svojstvima i ulogom, što je izvršuju najvažnija kemijska tjelesa u živim bićima. Istom nakon toga moći ćemo baciti pogled u neke od onih kemijskih i fizikalnih procesa, što se odigravaju u organizmima, a na njih se donekle mogu svesti još danas tajnom prekrivene životne pojave. Najprije ćemo se upoznati s najjednostavnijom u kemijskom pogledu kemijskom građom živih bićâ. A to su soli i voda.

1. Soli i voda.

Imamo pred sobom živo biće, na pr. žabu, koja skače po stolu i gleda nas svojim očima. Mi bi htjeli malo pobliže saznati, od kakovog je sve materijala izgrađeno žablje tijelo, za koje znamo, da ga sačinjava veliki broj stanicâ i onda tkivâ i organâ, što su ih stanice proizvele i što ih neprestano nadograđuju i podržavaju. Drugim riječima, mi bi htjeli podvrgnuti žablje tijelo kemijskoj analizi.

---

[1] 1. Soli i voda. 2. Masti i lipoidi. 3. Ugljikohidrati. 4. Proteini. 5. Vitamini.

U tu ćemo svrhu najprije žabu odvagnuti. Da nam ne skače, zarinut ćemo joj šilo u hrptenjaču, a ona će ispružiti noge i ukočiti se. Eto, mi smo u nakani, da proučavamo kemijskim putem život, morali žabu najprije usmrtiti! Takovu je onda metnemo na vagu i točno odredimo cjelokupnu težinu njena tijela, uz obzir, da joj je želudac i crijevo prazno od tvari, koje kao probavljena ili neprobavljena hrana još nijesu stupile medju faktične sastojine krvi i mesa naše žabe i prema tomu ne spadaju k građi njena tijela. Neka nam žaba vagne na pr, ravno 100 grama.

Sada je dalje isiječemo oštrim škarama na sitne komadiće, pa umetnemo te komadiće, da nam se kod toga ništa ne izgubi, u odvagnutu porculansku zdjelicu i nju onda stavimo u t. zv. sušionik, željezni ili mjedeni ormarić, u kom je stalna temperatura od 110° C. Tu se materijal žabljeg tijela suši nekoliko dana i to dotle, dok kod te temperature (110° C) ne izgubi svu vodu. Stavimo li nakon toga zdjelicu sa suhom žabom na vagu, saznat ćemo, koliko je žaba od svoje težine izgubila u sušioniku, i mi kažemo : gubitak je voda, a preostatak t. zv. suha tvar njena tijela. Iznosi li gubitak 70 grama, a naša je žaba vagala 100 gr u prirodnom svom stanju, onda velimo, da je u njenu tijelu 70% vode i 30% suhe tvari.

Voda je anorganski sastavni dio žabljeg tijela. Ali nije ona sav anorganski materijal njezin. U preostalih 30 gr suhe tvari nalaze se još uz organske spojeve i anorganske soli. Hoćemo li da saznamo u glavnom, koliko je u suhoj tvari jednih i drugih, to smrvimo našu suhu žabu u prah i uz oprez, da nam se kod toga opet ništa ne izgubi, stavimo taj prah u platinsku zdjelicu i ondje ga oprezno spalimo. Organski spojevi izgaraju, odlaze u zrak kao smrdljivi i zagušljivi dim, a preostaje nam isprva crna, pougljena stvar, koja uz neprestano, polagano žarenje prelazi u bijeli pepeo. Taj pepeo sadržaje u sebi anorganske soli, što ih je žaba imala kao anorgansku kemijsku građu u svom tijelu uz vodu, koju smo najprije uklonili. Mi taj pepeo odvagnemo, pa ako iznosi n. pr. 10 gr, to kažemo, naša žaba sadržava : 70% vode i 30% suhe tvari, od koje je 10% (proračunano na cijelu žabu od 100 gr) pepela ili anorganskih spojeva, a 20% organskih spojeva, kao što su proteini, masti i t. d.

Tako smo žabu, živo biće s obzirom na kemijsku građu njezina tijela, rastavili u tri grupe sastojina: vodu, organsku tvar i pepeo. Isto tako možemo uz zgodne prilike saznati za percentualni snošaj tih

triju sastojina u svakom biću, pa su kemici izveli mnogo ovakovih analiza s najrazličitijim organizmima, počevši od čovjeka do neugledne gljivice.

Sada možemo poći korak dalje. Možemo se ponajprije zaustaviti, što je sasvim prirodno, kod jednostavnijeg materijala u živim bićima, a to su voda i soli i pozabaviti se nešto pobliže kemijskim sastavom i ulogom osobito ovih potonjih u živim bićima.

Voda iznosi znatan dio građe organizama. Preko polovice težine našeg tijela (60%) je voda. Kod nekih drugih živih bića još i više, tako n. pr. iznosi voda 70—80% riba, oko 87% oštriga, 85% jabuka, 78% koruna i t. d. Već smo spomenuli, kako se živo biće, bilo ono životinja ili biljka, može smatrati posudom, koja je napunjena vodenom otopinom raznih potpuno otopljenih ili napol otopljenih (koloidnih) tvari.

Voda dakle u organizmima nije čista. U njoj se nalaze otopljene i napol otopljene sastojine, i to anorganske (razne soli) i organske. U tom i jest najvažnija uloga njezina u živim bićima. U živim bićima teku neprestano kemijski i fizikalni procesi, a ti se ne bi mogli odigravati tako brzo i u onom obliku, kako je to za život od potrebe, kad sastavine našeg tijela ne bi bile otopljene u vodi. Već su alkemisti govorili : »Corpora non agunt nisi liquida« ili »nisi soluta«, t. j. tjelesa stupaju u kemijsku reakciju u tekućem ili otopljenom stanju. A voda je najpodesnije otapalo na našoj Zemlji za kemijske procese u živim bićima, kako smo to već istakli u pređašnjem jednom poglavlju. Ondje smo ujedno spomenuli, koja su specifična svojstva vode, te ju čine za život neminovno potrebnom.

Uz vodu se nalaze kao anorganska građa organizama još i nekoje soli, koje preostaju u pepelu, kad spalimo koje živo biće. Promotrit ćemo najprije, koje su to soli i u kojim se količinama nalaze u živim bićima.

Tako ćemo n. pr. naći u pepelu novorođenčeta (čovjeka), nekoliko minuta poslije rođenja, anorganske spojeve ovih elemenata, i to 100 dijelova pepela njegova sadržavaju :

Kalija (proračunano kao kalijski oksid)[1]	8,9
Natrija „ „ natrijski „	10,0
Kalcija „ „ kalcijski „	33,5

[1] Kod anorganskih analiza pepelâ, rudâ i t. d. običaj je unositi u tabele količine osobito kovinskih elemenata u obliku spoja s kisikom ili oksidâ!

Magnezija (proračunano kao magnezijski oksid) . . .	1,3
Željeza „ „ željezni „ . . .	1,0
Fosfora „ „ fosforni pentaoksid . .	37,7
Klora	8,8

Upada nam u oči znatna količina kalcija i fosfornog pentaoksida. Nema sumnje, da ove sastojine pepela potječu od toga, što su čovječje k o s t i, kao i kosti drugih sisavaca, izgrađene ponajglavnije od kalcijeve (vapnikove) soli fosforne kiseline, t. zv. kalcijskog fosfata. Ali krivo misli onaj, tko si predočuje, da kosti u našem tijelu izgledaju onako anorganski i mrtvo, kao kad ih vidimo isušene i izgnjile u zemlji. Koštano tkivo (staničje) razvija se u našem tijelu jednako n. pr. kao i mišično: posebne stanice produciraju listićave naslage koštanog materijala, koji istinabog ima u našem tijelu najviše (oko 70%) anorganskih soli, ali se ipak uz ove nalazi i o r g a n s k i materijal, sasvim ispremiješan s anorganskim, tako da je i ovo najčvršće tkivo našeg tijela u pravom smislu ž i v o; pogotovo, kad i u njemu ostaju preostaci stanicâ, t. zv. koštana tjelešca (»Knochenkörperchen«), da ga hrane i nadoknađuju. Istom kad spalimo kosti, ostaje nam sâm anorganski materijal, t. zv. k o š t a n a z e m l j a, u kojoj se nalazi kod čovjeka u 100 dijelova:

Kalcijskog fosfata	83,89
Magnezijskog fosfata	1,04
Kalcija vezanog na ugljičnu kiselinu, fluor i klor .	7,65
Ugljične kiseline	5,73
Klora	0,18
Fluora	0,23

Ali ne nastupaju anorganske soli samo kao građa kostiju i čvrstih staničja (tkiva) životinjskog i bilinskog tijela. Svaka živa stanica sadržaje u sebi anorganskih spojeva kao neophodno potrebnu sastojinu, pa zato nema u biljci i životinji nijednog tkiva ili tjelesnog soka, u kojem se ne bi nalazile u glavnom iste anorganske soli, samo u različnim količinama. Općenito su u biljkama kudikamo znatnije zastupane k a l i j e v e soli, a u životinjama n a t r i j e v e. To nam primjerice pokazuje sastav pepela koje biljke ili biljevnog dijela, na pr. u 100 dijelova pepela c r v e n o g a l u k a ima:

Kalija, proračuno kao oksid	34,03
Natrija „ „ „	2,48
Kalcija „ „ „	22,87

Magnezija, proračunano kao oksid	4,65
Željeza „ „ „	2,27
Fosfora „ „ pentaoksid . . .	17,35
Sumpora „ „ trioksid	5,68
Silicija „ „ dioksid	8,50
Klora	2,41

Usporedimo li ove brojeve s onima na str. 71., koji nam prikazuju percentualni sastav pepela novorođenčeta (čovjeka), to se jasno razbira, da biljke sadržavaju mnogo znatniju količinu kalijevih soli, nego tijelo čovječje. Nasuprot je natrij jače zastupan u životinjama i čovjeku; tako n. pr. čini k u h i n j s k a s o l, spoj natrija i klora, nešto oko 1% u serumu krvi čovječje, dok ima dosta biljaka, koje u sebi uopće nemaju (ili samo vanredno neznatnu količinu) natrijevih soli. Zato se i drži, da natrij nije apsolutno potreban elemenat za svako živo biće!

Da uzmognemo malo pobliže uočiti, koje soli nastupaju u živim bićima i kakovu ulogu ondje imaju, iznijet ćemo nešto detaljnije sastav čovječje krvi. Čovjek je naime ono živo biće, čija nas tjelesna građa osobito interesuje, a krv je hraniva tekućina, koja stoji u neprestanom doticaju i izmjeni sa svim stanicama i tkivima našeg tijela, jer im upravo ona donosi kemijski materijal za njihov daljnji rad.

Naša krv je zapravo tkivo ili staničje, upravo onako kao i mišično tkivo. Samo je razlika u tom, što je naša krv t e k u ć e tkivo, u kojem razlikujemo: 1. krvne stanice, 2. međustaničnu tekućinu. Krvne su stanice t. zv. crvena i bijela krvna tjelešca, (e r i t r o c i t i i l e u k o c i t i), a intercelularna se tekućina nazivlje obično k r v n a p l a z m a. Njemački fiziolog B u n g e navodi u svojem udžbeniku fiziologije čovjeka ovaj sastav krvi 25-godišnjega muškarca:[1]

1.000 gr krvi

↙ ↘

513,02 gr krvnih stanica		**486,98** gr krvne plazme.	
Od toga je:		Od toga je:	
Voda	349,69 gr	Voda	439,02 gr
Suha tvar (kod 120° C) .	163,33 „	Suha tvar (kod 120° C) . .	47,96 „
Od suhe tvari jesu:		Od suhe tvari jesu:	
Organski spojevi	159,59 gr	Organski spojevi (Fibrin itd.)	43,82 gr
Anorganski spojevi . . .	3,74 „	*Anorganski* spojevi	4,14 „

[1] B u n g e, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Leipzig. 1905. Str. 289. Svezak II.

I to ovi anorganski spojevi:	
Kalijski klorid	1,887 gr
Kalijski sulfat	0,068 „
Kalijski fosfat	1,202 „
Natrijski fosfat	0,325 „
Natrijeva lužina	0,175 „
Kalcijski fosfat	0,048 „
Magnezijski fosfat	0,031 „
Suma anorg. spojeva	3,736 gr

I to ovi anorganski spojevi:	
Kalijski sulfat	0,137 gr
Kalijski klorid	0,175 „
Natrijski klorid	2,701 „
Natrijski fosfat	0,132 „
Natrijeva lužina	0,746 „
Kalcijski fosfat	0,145 „
Magnezijski fosfat	0,106 „
Suma anorg. spojeva	4,142 gr

K ovim brojevima treba nadodati, da se i *željezo* nalazi u krvi, ali ga je *Bunge*, ma da je određeno u pepelu, priračunao organskim sastojinama suhe tvari krvnih stanica (iznosi 0.512 gr.), jer se željezo nalazi u eritrocitima vezano na organski spoj, nazvan *hemoglobin*, crvenu boju krvnih tjelešaca. Nadalje treba istaknuti, da je *Bunge* po volji iskombinirao od prilike soli, kako bi one imale biti zastupane u krvi; prema količini nađenih kovina i kiselina, Bunge je jedne s drugima zasitio onako, da su mu se kod toga potrošile količine jednih i drugih. Zato mu se i slažu konačne sume soli s totalnom količinom anorganskih spojeva. Drugo je pitanje, da li je tako u krvi?

Krv, i to ne samo tekućina (krvna plazma), nego i stanice (bijela i crvena krvna tjelešca ili t. zv. krvne bobice) od velike su česti *voda*. Isto su tako i ostala tkiva i stanice svih živih bića od znatne česti voda. To je onda razlog, da se soli u njima nalaze u vodi utopljene, dakle kao *vodene* njihove *otopine*. U vodenoj pak otopini neke soli ili stanovitog broja raznih soli ne može se prema savremenim nazorima kemije i fizike govoriti o cijelim česticama pojedinih soli, osobito ako su otopine razrijeđene, a to je upravo slučaj u živim bićima. U njima, u njihovim stanicama i tkivima nastupaju *razrijeđene* otopine spomenutih soli. A u takovim vodenim otopinoama držimo da se čestice soli raspadaju na sastavne dijelove, nabijene elektricitetom. Tako n. pr ne kažemo, da se natrijski klorid nalazi u krvi u obliku vanredno sićušnih čestica spoja natrija i klora, što ga u kemiji bilježimo s Na Cl, nego, da su mjesto tih čestica, mjesto molekula Na Cl još manje njihove sastavne čestice t. zv. *ionti* Na i Cl, od kojih je natrijski ion nabijen pozitivnom, a klorov ion negativnom elektricitetom. Dakle od *Bunge*-a iskombinirane soli naše krvi nalaze se u njoj, a isto tako i u ostalim stanicama i tkivima živih bića u stanju ionata. Naime:[1]

[1] Sa $^{\bullet}$ označuje se jedna jedinica pozitivne elektricitete, a sa $^{\prime}$ jedna jedinica negativne elektricitete.

Kalijski klorid $= KCl = K^{\bullet} + Cl^{\prime}$
Kalijski sulfat $= K_2SO_4 = 2\,K^{\bullet} + SO_4^{\prime\prime}$
Kalijski fosfat $= K_2HPO_4 = 2\,K^{\bullet} + HPO_4^{\prime\prime}$
Natrijski klorid $= NaCl = Na^{\bullet} + Cl^{\prime}$
Natrijski fosfat $= Na_2HPO_4 = 2\,Na^{\bullet} + HPO_4^{\prime\prime}$
Natrijeva lužina $=$ NaOH ili $Na_2CO_3 = 3\,Na^{\bullet} + OH^{\prime} + CO_3^{\prime\prime}$
Kalcijski fosfat $= Ca(H_2PO_4)_2 = Ca^{\bullet\bullet} + 2\,H_2PO_4^{\prime}$
Magnezijski fosf. $= Mg(H_2PO_4)_2 = Mg^{\bullet\bullet} + 2\,H_2PO_4^{\prime}$

I sad su ovi ionti time karakterizovani, da su nabijeni elektricitetom, ali i time, da ne miruju u vodi, nego neprestano i slobodno *putuju* po vodenoj otopini tkiva i stanica. Odatle im i ime ionti, putnici. A putuju po volji tako, da se i sudaraju i da udaraju o stijene i membrane, do kojih dolaze. Oni se mogu najrazličitije udruživati u cijele molekule, (a ne samo, kako ih je *Bunge* složio,) da se naime prema broju svojih naboja pozitivni *kovinski ionti* neutralizuju negativnim ili *kiselinskim iontima*, a može dapače doći i do vezanja ionata s otopljenim organskim materijalom, do kombinacija primjerice $Na^{\bullet}$ ili $Ca^{\bullet\bullet}$ s proteinima ili bjelančevinama, što se nalaze u tkivima i stanicama.

Ako je tako, puca nam pred očima mnogostrana i dalekosežna uloga, što je soli imaju u organizmima.

Nekada se je mislilo, da su one tek slučajno došle u živa bića i da im je sva važnost u tom, što pomažu, da se sazidaju čvršći dijelovi živih bića, n. pr. kosti, skeleti, kućice i t. d.

Danas se ne misli tako. Fakat, da nijedna *živa* stanica, bila ona ma kako malena i nježna, nije bez nekih stalnih soli u sebi, dokazuje, da i soli moraju imati važnog udjela kod životnih procesa u stanicama. One nijesu samo konstitutivni, građevni, pasivni materijal, nego otopljene u vodi stupaju u stanicama, a po tom i u cijelim organizmima u akciju po svom *elektrijskom naboju* i po svom pritisku, *tlaku*, što ga izvode putujući i udarajući o najrazličitije stijenke i membrane u stanicama i cijelim živim bićima.

Taj tlak zaslužuje malo pobližu pažnju.

Metnemo li vodenu otopinu neke soli u posudu, kojoj su stijenke građene od takova materijala, da kroz njih može prodirati voda, ali ne može u vodi otopljena sol, to će čestice otopljene soli udarati o te stijenke, izvodit će na njih pritisak, tlak, koji će doći i do očitovanja,

ali samo onda, ako je posuda s takovim polupropusnim stijenama opkoljena vodom ili vodenom otopinom soli. Da to demonstriramo, možemo se poslužiti životinjskim mjehurom kao takovom posudom, pa ćemo ga napuniti n. pr. jakom otopinom kuhinjske soli. Zavežemo li dobro mjehur, pa ga turimo u posudu s vodom, to ćemo moći doskora konstatovati, da se mjehur sve više napinje, dapače, da će eventualno i puknuti, jer mu stijenke ne mogu podnijeti pritiska, što ga izvode čestice (molekule + ionti) u njem otopljene kuhinjske soli. Taj je pritisak nazvan o s m o t i č k i t l a k, jer se očituje kod prodiranja, t. zv. osmoze vode kroz stijenku, koja je za vodu propusna, ali nepropusna za tijelo, otopljeno u vodi. On se može i mjeriti zgodnom udezbom aparata i iznosi kod malo jače solne otopine oko 50 do 100 atmosfera; očito dosta znatan iznos, jer se pod jednom atmosferom razumijeva pritisak, što ga uteg nešto preko 1 kg izvodi na svoju podlogu.

Za našu je stvar od osobite važnosti, što nam p r o t o p l a s t stanica (v. sl. 2.) opkoljuje kao p o l u p r o p u s n a stijenka vodenu otopinu, sadržanu u staničnoj vakuoli. Baš zato dolazi osmotički tlak do očitovanja u bilinskim i životinjskim stanicama, pa se je pokazalo, da je upravo taj tlak, do kojeg se dolazi pomoću otopljenih s o l i u organizmima, važan faktor kod prerazličnih procesa u živim bićima. Mi ćemo se zato u zasebnom poglavlju pozabaviti ulogom osmotičkog tlaka kod životnih pojava i promjena, kako su je osvijetlila znamenita istraživanja botaničara prvog glasa P f e f f e r a i d e V r i e s a, a na području procesa u životinjama i čovjeku radovi H. J. H a m b u r g e r a, Jacquesa L o e b a i drugih. Zasada smo samo istaknuli, kako soli, otopljene u vodi u stanicama i u čitavim organizmima, dolaze u vezu s tom pojavom, kojom se svestrano bavi grana nauke, nazvana fizikalna kemija.

No nije to jedina uloga soli u živim bićima. Od vremena Justusa L i e b i g a (1803.—1873.) do današnjih dana svestrano se je ispitivalo sudioništvo anorganskih sastojina živih bića kod pojava i promjena, koje su u vezi s njima. Već je L i e b i g istaknuo: »Kod svih procesa u životinjskom tijelu, kod probave, tvorbe krvi, procesa disanja i izmjene tvari, zauzimlju veoma bitno, u mnogim slučajevima odlučno sudioništvo anorganske sastojine ili soli, koje sačinjavaju konstantne komponente krvi, mišica, tkiva, uopće organa, a naposljetku i hrane; istom njihovim radom dobivaju hranive tvari čovječjih jelâ i životinjske krme sposobnost, da služe za održanje organičkih procesa, pa se

zato treba i na njih obazrijeti kod objašnjenja ovih potonjih.« Ali ove misli nijesu naišle na općenito shvatanje i priznanje u nauci o životu. Istom primjena rezultatâ fizikalne kemije na tom području, koja je bacila dublji pogled u narav vodenih otopina, postavila je ulogu soli u živim bićima prije nekih 25 godina na važno i priznato mjesto. Glas o tom prodro je gdjekada dalje, negoli bi i trebalo. Rezultati Jacquesa L o e b a primjerice, koji iznose na vidjelo, da je promjena osmotičkog tlaka kadra izvesti na zrelo jaje nekih već znatno viših životinja (na pr. morskih ježeva) podražaj za daljnji razvoj, što ga inače izazivlje tek muško sjeme (spermatozoj), t. j. da se djelovanjem otopljenih soli može jaje oploditi, zadivili su dapače i široke krugove izvan nauke, te se pronijela po amerikanskim novina vijest (oko god. 1895.), da se radi o otkriću tajne sile, koja će čovjeka moći učiniti vječito mladim. Kolikogod je to oduševljenje osnovano na nepoznavanju sila i činilaca u živim bićima, ipak je ono neki vanjski znak, neko priznanje otkriću, koje pokazuje, kako su tajnoviti i neprotumačivi životni pojavi, kao što je na pr. oplodnja jajeta u vezi sa silama, što ih kriju u sebi i nose sa sobom jednostavne, mrtve, anorganske soli.

A l b u i N e u b e r g skupili su (god. 1906.) naše znanje o solima u živim bićima u ovih 6 točaka[1]:

1. Soli sudjeluju kod izgradnje, rasta i formiranja svih stanica i tkiva u organizmu.

2. One uzrokuju osmotički tlak u stanicama i tkivima, pa su zato indirektni prenosioci energije.

3. One reguliraju reakciju krvi i tjelesnih sokova kao i tok mnogih fermentativnih procesa, osobito onih, koji se zbivaju u crijevu.

4. One djeluju kao katalizatori kod mnogih procesa u organizmu, na pr. kod prenašanja kisika.

5. One su izvađači procesa otrovanja i protuotrovanja, što se neprestano zbivaju u živoj protoplazmi.

6. One su uzrok jamačno većem dijelu intermediarnih procesa kod izmjene tvari, osobito onima, koji se zbivaju u žlijezdama. One daju smjer pretvorbi i asimilaciji organskih tvari.

---

[1] A l b u - N e u b e r g, Physiologie und Pathologie des Mineralstoffwechsels. Berlin, 1906.

Pa kakogod su nekoje od ovih točaka, o kojima će još biti govora u ovoj knjizi, od česti još uvijek hipoteze, ipak su spomenute pojave, kod kojih sudjeluju soli, znak dalekosežnosti i svestranosti njihova djelovanja. A kako soli djeluju u živim bićima istom u društvu s vodom, otopljene u vodi, to je očito, da su i voda i soli daleko važniji faktori u tijelu čovjekovu, životinjskom i biljevnom, nego što se obično misli. Život je dakle naš čvrsto povezan sa zemljom, s vodom i rudama kore zemaljske, bez kojih se ni pomisliti ne može.

2. Organski materijal.

Die Natur gleicht eben einem vielfach zu einem Knoten verschlungenen Faden, dessen Verlauf wir bald von dieser bald von jener blossliegenden Schlinge verfolgen können.[1] *(Ernst Mach).*

Vrátimo se na čas k našoj jadnoj žabi od 100 gr težine. Kad smo je sušili tako, da je iz nje izašla sva voda, to je ona izgubila 70% od svoje težine; a kad smo 30 gr suhog preostatka polagano sažgali u pepeo, to je 20 gr. od tog suhog preostatka izgorjelo, a ostalo je konačno 10 gr pepela. Pepeo taj sadržava anorganske soli žabljeg tijela, a ono, što je izgorjelo, što je otišlo u zrak, onih 20 gr. od cijele žabe, o r g a n s k i je m a t e r i j a l njena tijela. Na sličan način možemo saznati za svako živo biće, za svaku biljku ili životinju, koliko od njena tijela otpada na organske sastojine njegove. One kod žarenja i žeženja izgaraju.

U anorganskom materijalu, t. j. u vodi i solima, što dolaze normalno u živim bićima, zastupani su prema navodima analizâ pepela, od kojih smo neke iznesli u predašnjem poglavlju, ovi elementi: vodik, kisik, natrij, kalij, kalcij, magnezij, željezo, fosfor, sumpor, klor, a nešto i ugljik i dušik. U anorganskom dakle materijalu dolaze spojevi gotovo svih 12 za život neophodno potrebnih elemenata. Ali se jasno razbira, da su u tom materijalu slabo ili nikako zastupana dva za život osobito važna elementa: u g l j i k i d u š i k, C i N. Njihovo je gospodstvo i glavna uloga u organskom materijalu, kojemu ćemo sada pobliže prikloniti našu pažnju.

---

[1] Priroda je upravo nalik na nit, koja se je zamrsila u čvor; tok te niti možemo pratiti čas s jedne, čas s druge razmršene petlje.

Kad smo osušenu našu žabu počeli žgati u platinskoj zdjelici, mogli smo razabrati, kako je najprije pocrnjela, p o u g l j e n i l a, a iz nje se počeo dizati gusti dim što zaudara; istom na koncu ostao je u zdjelici bijeli pepeo. Crna boja ugljenova odaje nam elemenat u g l j i k, a onaj neugodni vonj u dimu elemenat d u š i k; njihovi naime spojevi, što se nalaze u osušenoj žabi, raspadaju se žarenjem. I baš zato, jer organski materijal — ma kako izgledao različan i mnogostruk — nije ništa drugo nego ugljik, spojen s nekim drugim elementima i to tako, da ih on količinom znatno premašuje, izlazi kod toga raspadanja sâm ugljik u obliku crnog uglja i crne čađe jasno na vidjelo. Organski su dakle materijal ugljikovi spojevi. Ugljik se nalazi u svakom od njih, kako smo to već prije istaknuli.

Ali ne nalazi se sâm. Uz u g l j i k ima još nekoliko elemenata i to su u prvom redu v o d i k, k i s i k i d u š i k, koji u društvu s ugljikom sačinjavaju organsku materiju živih bića, onaj nadasve fino složeni materijal, od kojega je izgrađeno i naše meso i naša mast, i ulje i slador u biljkama; jednom riječju, glavne sastojine stanicâ i tkivâ bilinskoga i životinjskoga tijela. Uz ova četiri glavna organogena elementa pristupaju u nekim spojevima još elementi f o s f o r, s u m p o r i ž e l j e z o.

Organski materijal, organski spojevi živih bića izgrađeni su dakle, kao i organski spojevi uopće, od relativno m a l e n a broja elemenata. A ipak se svagdje ističe, da su organski spojevi živih bića najsavršenija i najkompliciranija forma materije! U čemu sastoji ta savršenost i kompliciranost?

Da uzmognemo to razumjeti, moramo se sjetiti, kako kemija uči, da se sva materija sastoji od vanredno malenih čestica, što ih zovemo m o l e k u l e. Komad željeza, na pr. komad soli ili komad običnog sladora, smatra se prema teoriji o molekulama da je izgrađen od sićušnih partikula, sićušnih čestica, koje mi svojim osjetilima ne možemo više zamijetiti, ali ih zato, da uzmognemo što jednostavnije protumačiti svojstva i promjene s navedenim tjelesima, zamišljamo u komadu željeza, soli, sladora ili bilo kojeg drugog tijela. Mi držimo, da je molekula na pr. soli ona najmanja moguća čestica soli, k o j a j o š i m a s v o j s t v a s a m e s o l i. Kad raspršimo komad soli po zraku ili po vodi, kad više ne vidimo samog komada soli, onda se je on raspao na te malene čestice, na svoje molekule, koje su zadržale još sva nje-

gova svojstva, jer iz raspršenih tih čestica možemo opet dobiti prvotni komad soli sa svim njenim svojstvima.

No kemija ide još i dalje. Jer se na pr. kuhinjska sol može kemijski razlučiti, rastaviti na dva elementa, koje zovemo natrij i klor, dakle na sastojine, koje više nemaju ni najmanje svojstava same soli, to držimo, da se kod tog rastavljanja raspadaju molekule kuhinjske soli na još manje čestice, na čestice, što ih zovemo a t o m i, i to na atome natrija i klora. Zato kažemo: kuhinjska je sol spoj natrija i klora. Zato i bilježimo kuhinjsku sol kemijskom formulom $NaCl$. Taj nam $NaCl$ predočuje najmanju moguću česticu soli, t. j. molekulu kuhinjske soli. Hoće li dakle kemija da ukratko označi koje tijelo uopće, napiše formulu njegove molekule. Iz takove se formule mora razabirati, k o j i atomi sačinjavaju dotičnu molekulu, i onda, k o l i k o ih je u jednoj molekuli.

Predaleko bi nas odvelo, da se upustimo u to, na kakav se način može saznati, koji atomi i koliko njih sačinjavaju molekule pojedinih tjelesa. Da rastumačimo, u čemu je k o m p l i c i r a n o s t organskih spojeva, što sačinjavaju prirodni organski materijal živih bićâ, dostatno je, ako uočimo, da ima molekula od jednog ili m a l e n o g b r o j a atoma, i opet molekula od v e l i k o g b r o j a atoma, što se razbira iz formule dotičnog tijela. Kad na pr. napišemo tjelesa: željezo, sol i slador s njihovim formulama, onda ćemo napisati: Fe, $NaCl$ i $C_{12}H_{22}O_{12}$. To će reći: molekule željeza imaju u sebi samo j e d a n atom, molekule soli d v a, a molekule sladora 46 atoma. I eto između anorganskog tijela, kuhinjske soli, koja je po vanjskom izgledu uvelike nalik na obični slador, koji spada u organski materijal živih bića, jedna je osobita unutarnja razlika, a to je, molekule soli, kao i svih drugih anorganskih tjelesa, izgrađene su od m a l e n o g broja atoma, a molekule sladora, kao i molekule svih prirodnih, organskih spojeva, koji dolaze u obzir kao građa živih bićâ, izgrađene su od relativno v e l i k o g broja atoma. U tom je kompliciranost p r i r o d n i h organskih spojeva.

Kad znamo to, bit će nam ujedno lako razumljivo, zašto kemiji nije još do danas pošlo za rukom, da u m j e t n o načini sve p r i r o d n e organske spojeve. Jer kako ćemo doskora pobliže upoznati, mi još danas ne znamo kemijske formule mnogih, a i najvažnijih organskih spojeva u građi živih bića. T. j. mi možemo doduše kemijskom analizom odrediti, koji se sve atomi nalaze u molekulama tih prirodnih organskih spojeva, ali nam još nije poznato, k o l i k o je tih atoma u jednoj molekuli kojega tijela. A ne znamo poglavito zato, jer nam još nije pošla za rukom sinteza, t. j. umjetna priredba tih tjelesa.

Jasno je naime kao sunce, da ćemo lako načiniti anorganske spojeve, kaošto su na pr. voda (H_2O), sol ($NaCl$) ili ugljični dvokis (CO_2), iz elemenata, koji ih sačinjavaju, i to zato, jer se u molekulama tih spojeva nalazi samo malen broj atoma. I sinteza organskih spojeva okrunjena je lijepim uspjesima. Već smo spomenuli, da leksikon organskih u m j e t n i h spojeva doseže skoro do 150.000 tjelesa. Dakako da je i kod organskih spojeva sinteza njihova to lakša i jednostavnija, što se u njihovoj molekuli nalazi manji broj atoma. Tako je na pr. daleko laglje načiniti močvarni plin, (CH_4 metan) koji ima u sebi samo jedan ugljikov atom i četiri vodikova, nego na pr. obični slador ($C_{12}H_{22}O_{12}$), koji u svojim molekulama ima 46 atoma. No organska je sinteza načinila umjetno ne samo obični slador, dakle tijelo od 46 atoma u molekuli, nego i daleko kompliciranija organska tjelesa, kaošto su na pr. masti, u kojima ima n e k o l i k o s t o t i n a atomâ u molekuli. Budući da se opravdano drži, da najkompliciraniji organski materijal, a to su proteini ili bjelančevine, mora imati u svojim molekulama i tisuće atoma, to leži na dlanu, u čemu je poteškoća sinteze tih tjelesa. No mi ćemo čuti, da kemija nije uzmakla ni od tih savršenih produkta žive prirode, nego se pouzdano nada, da će joj poći jednom za rukom i sinteza tih važnih tjelesa.

Fakat je, koji se ovdje mora osobito naglasiti, da ćemo se sada redom upoznati s pojedinim najznatnijim skupinama organskih p r i r o d n i h spojeva, a oni se u onom stanju, u kojem dolaze u živim bićima, odlikuju svi u jednu ruku velikim molekulama, a u drugu time, š t o m n o g e o d n j i h m o ž e p r o d u c i r a t i, s i n t e t i z i r a t i s a m o ž i v i o r g a n i z a m. A i onaj organski materijal, što smo ga kadri doduše umjetno načiniti, nastaje u prirodi drugim putovima nego li ga sintetiziramo u laboratoriju, drugim metodama, koje još danas od velike česti ne poznajemo.

Sve je to razlog, da je organska građa živih bića za nas još teška i zamršena tajna prirodina. Znanje naše o tom materijalu još je uvijek krnje i neznatno, još nijesmo ni izdaleka zavirili u građu molekulâ naj-

važnijih spojeva na našoj Zemlji, spojeva, koji baš po svojoj kompliciranosti i savršenstvu mogu da sastave onaj velebni mikrokozam, što ga zovemo živom stanicom, živom celulom. No nauka ne stoji skrštenih ruku pred tom tajnom. Ona izrezuje iz gordijskog čvora prirodina sad ovu sad onu petlju, koja je zamršena u tajnom i velebnom čvoru i tako po tim malenim razriješenim petljama prodire u unutrašnjost njegovu.

A) Masti i lipoidi.

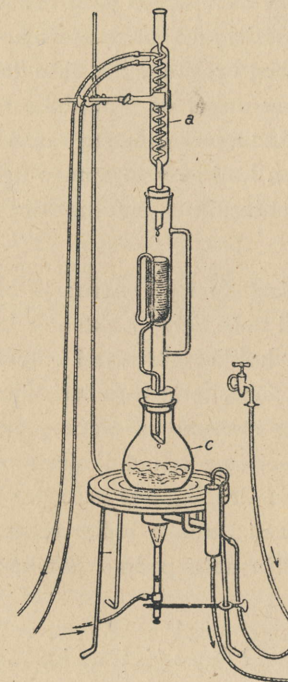
Koliko se na godinu zakolje utovljenih svinja i iscijedi plodova maslininih, da se namakne silna mast i ulje, što ih čovječanstvo treba za hranu? Masti su glavni organski hranivi materijal, i to zato, jer su one uz proteine i ugljikove hidrate uopće glavna organska građa živih bića. U životinjskom se organizmu nalaze masti i ulja u svim organima i tkivima, iako u raznim količinama. Tako je u našem tijelu najbogatije tkivo s obzirom na mast srž u našim kostima, t. zv. moždina, koja ima oko 96% masti. Glavna su skladišta masti tkivo, što se nalazi među mišićima (intermuskularna vezivnina), masno tkivo trbušne šupljine i masno tkivo potkožne vezivnine. Tkiva ta nijesu dakako kod svih životinja i ljudi jednako jako razvijena; kod jednih se je više, a kod drugih manje stanica na tim mjestima prometnulo u masne stanice, t. j. stanice, u kojima je svu protoplazmu zamijenila gotovo sama mast. I biljke sadržavaju masti i ulja. Kod njih su opet sjemenke i plodovi, a u nekim je slučajevima također i korijenje bogato mastima.

Još pred neko pet ili deset godina moglo se je čitati u odličnim knjigama fiziologije, da je mast i ulje doduše materijal raširen i važan kao građa živih bića, ali da mast i ulje nijesu apsolutno potrebni u svakoj živoj stanici. Protoplazma stanicâ može, ali ne mora neminovno za svoj život i eksistenciju imati u sebi masti. Potrebni su u apsolutnom smislu, t. j. kao materijal, bez kojeg ne može postojati živa stanica, jedino proteini ili bjelančevine.

Danas je utvrđeno, da nije tako. Fiziološka istraživanja novijeg vremena iznesoše na vidjelo, da su masti i osobito neka na masti slična organska tjelesa, što su ih poradi te naličnosti nazvali lipoidima, (lipoid = nalik na mast,) materijal neophodno potreban za život svake bilinske i životinjske stanice. Time su masti i lipoidi dobili mjesto među organskom građom živih bića odmah uz proteine, kojima i ime

(protos = prvi) govori, da ih ide prvenstvo. Zato kemija i fiziologija u najnovije vrijeme osobito živo istražuju masti i lipoide.

Po kemijskom sastavu, t. j. po tom, kako su im građene molekule, i po naravi i po broju atoma u molekulama znatna je razlika između ulja i masti u jednu ruku, a lipoida u drugu ruku. Dok su ulja i masti tjelesa, koja se sastoje samo od elemenata ugljika, vodika i kisika, u lipoidima se uz ove elemente nalaze još i fosfor i dušik. Osim toga postoji i s obzirom na unutarnju građu, s obzirom na konstituciju molekula, znatna razlika između masti i lipoida. Ali u jednom se podudaraju masti i lipoidi, a ujedno se razlikuju od ostalih dviju glavnih grupa organske građe, naime od proteinâ i ugljikovih hidratâ, a to je: masti su i lipoidi takovi organski spojevi, koji se lako otapaju u nekim indiferentnim otapalima, t. j. u tekućinama, koje ih kod otapanja ne mijenjaju, kašto su na pr. alkohol, eter, kloroform i



Sl. 11. *Soxhletov* aparat za ekstrakciju.

benzol. Premda je to tek vanjsko, fizikalno zajedničko svojstvo njihovo, mi ćemo doskora čuti, da se baš na tom svojstvu osniva ona važna uloga, što je osobito lipoidi imaju u svakoj živoj stanici.

Želimo li dakle da saznamo na pr., koliko je masti i lipoida u našoj već češće spomenutoj žabi od 100 grama težine, to moramo onih 30 gr. suhog preostatka osušene žabe dobro smrviti, samljeti u brašno, a brašno, za koje ne bi nitko ni izdaleka mogao pomisliti, da je ono sve, što je osim vode sačinjavalo našu nekad živu i okretnu žabu, treba zgodno staviti u doticaj na pr. s eterom. Taj će eter polagano izvući, ekstrahirati iz suhog brašna, suhe naše žabe, svu mast i lipoide, osobito ako stvar udesimo tako, da eter dulje vrijeme kvasi i natapa i curi preko tog brašna. U tu svrhu imamo razne aparate, kao što je na pr. Soxhletov aparat, koji se vrlo mnogo upotrebljava za ekstrakciju masti i lipoida iz bilinskih i životinjskih suhih dijelova. (Vidi sliku 11.)

U tikvici *c* prikazanog aparata sabran je eter, u kojem se nalazi gotovo sva mast i lipoidi naše žabe. Kako eter lako hlapi, brzo ga možemo ukloniti i saznati, koliko ima masti i lipoida u 30 grama suhog preostatka naše mršave žabe, te iz toga izračunati postotak tih tjelesa u cijeloj žabi. Isto tako možemo iz eternog ekstrakta — iako dosta teško — zgodnim operacijama odlučiti masti od lipoida i promatrati posebno svojstva jednih i drugih. Baš zato, jer ima znatnih kemijskih i inih razlika između masti i ulja u jednu ruku, a lipoida u drugu, mi ćemo sada obratiti pobliže našu pažnju posebno svakoj grupi tih tjelesâ.

A) Masti i ulja.

Proučavamo li masti raznih biljaka i životinja, to ćemo se lako već po vanjskim, fizikalnim svojstvima uvjeriti, da su masti raznih živih bića također različne, što više, da ni u svim organima jednog te istog živog bića nije uvijek posvuda potpuno jednaka mast. To je sadržano i u nazivima za mast, što ih rabimo u svakidanjem životu, kao na pr. salo, loj, ulje, maslac, maslo i t. d. Poglavita je razlika u tom, što je jedna vrst masti kruća, a druga više ili posve tekuća, jedna je bijela, druga žuća ili žućkastija, jedna bez ikakva mirisa, druga sad slabijeg ili jačeg vonja, a i tek im je različan. No sve se vrsti masti mogu zagrijevanjem pretvoriti u tekućinu, koja pliva na vodi, t. j. ima manju

specifičnu težinu od vode, kako nam je to na pr. poznato po masnim očima, što plivaju po vrućoj juhi. Iz rastaljenog pak stanja ne mogu se masti daljnjim zagrijavanjem pretvoriti u paru, one ne hlape, nego će se uz pristup zraka zapaliti i izgorjeti svijetlim i vrućim plamenom. Jednako se ne mogu u vodi otopiti, nego samo zgodnim mućkanjem po vodi raspršiti kao malene čestice, koje daju vodi bijelu, mliječnu boju. Na taj način nastaje t. zv. emulzija masti ili ulja u vodi.

Masti i ulja ima u biljkama i životinjama na stotine vrsta, pa se obično nazivaju po organizmu, od kojeg potječu, na pr. svinjska mast, ulje uljikino, kravlji maslac i t. d. Ne ćemo se ovdje upuštati u opisivanje svojstava, dobivanja i uporabe raznih masti i ulja. Najvažnije o tom poznato nam je iz svakidanjeg života i prelazi našu zadaću. Mi ćemo se pozabaviti malo pobliže kemizmom, kemijskim sastavom masti i ulja, da upoznamo, iz čega je sastavljena ta građa živih bića. To nam je potrebno u prvom redu, ako hoćemo da se upoznamo s postankom masti, s njihovom pretvorbom i ulogom u živim bićima.

Spomenuli smo već, da su masti izgrađene samo od tri elementa i to od ugljika, vodika i kisika, koji se bilježe s C, H i O. Ali molekule masti, kao i molekule organskog materijala živih bića uopće, ne sadržavaju samo po jedan ili po dva od tih atoma, nego ih je udruženo svih skupa u svakoj molekuli masti ili ulja preko stotine. I to mnogo više atoma ugljika i vodika, a samo nekoliko (obično šest) atoma kisika. Ova pretežnost ugljikovih i vodikovih atoma u mastima razlog je onom važnom svojstvu masti, kojim one nadmašuju ostale grupe organskog materijala u živim bićima, t. j. ugljikove hidrate i bjelančevine, a sastoji se u tom, da masti bilo polaganim sagorijevanjem u živim bićima, bilo naglim gorenjem izvan njih, oslobađaju veću količinu topline, nego ugljikohidrati i bjelančevine. Sagorijevanje je naime — kako smo već češće prikazali — spajanje s kisikom; a baš zato, jer u molekulama masti ima mnogo više ugljikovih atoma i vodikovih, koji se rado spajaju s kisikom uz oslobađanje topline, a manje kisikovih, koji kod sagorijevanja ne dolaze u obzir, to mast ne samo rado gori, nego i daje kod gorenja obilno topline. O tom će pojavu biti govora još i kasnije.

No nije to sve, što se zna o kemijskom sastavu masti. Kako su molekule masti velike, to su se našla zgodna kemijska sredstva, kojima se mogu rastaviti na manje molekule organskih tjelesa, t. j. mi možemo

iz masti i ulja dobiti stalne neke organske spojeve, za koje onda opravdano držimo, da izgrađuju mast. I ti organski spojevi imaju još dosta velike molekule, ali ipak znatno manje od same masti.

Pa koje su to sastojine i kako dolazimo do njih?

Ako na pr. kuhamo mast s lužinom, t. j. sa spojevima natrija ili kalija, koji imaju posebna lužnata svojstva: okus, sposobnost da izjedaju mnoga druga tjelesa, da boju crvenog lakmusovog papira pretvaraju u modru i t. d., to će se mast raspasti na slatku tekućinu, poznatu pod imenom g l i c e r i n, i na kalijeve ili natrijeve soli (prema tomu, koju smo lužinu upotrebili!) nekih organskih kiselinâ. Smjesa tih soli, koja se može odijeliti od glicerina i dobiti u krutom stanju, zove se obično s a p u n ! Pa tako se i pravi sapun! Kuha se loj — dakle mast — s lužinom (»Laugenstein«), otopljenom u vodi. Mast se kod toga raskuha: glicerin i sapun odu u vodenu otopinu. Zasoli li se ta vodena otopina dobro običnom kuhinjskom solju, sapun će se izlučiti, oboriti kao kruto tijelo, (Nijemci to zgodno zovu »das Aussalzen der Seife«) a glicerin će ostati i nadalje u vodi. Odijelimo li tekućinu od izlučenog taloga, dobili smo sapun, koji treba prešati i sušiti, a iz tekućine mogao bi se vaditi glicerin, posebno čistiti i slati dalje na uporabu u apoteke, tvornice likera, dinamita i t. d.

Za nas je važno to, da smo na taj način razlučili mast na glicerin i sapun. Glicerin je jedno jedincato tijelo, kojemu je kemijska formula $C_3 H_8 O_3$; molekule su mu dakle dosta malene, a svojstva tog tijela dobro su nam poznata iz običnog života. Sapun nije kemijski individuum. On je smjesa od više kalijevih soli — ako smo za dobivanje upotrebili kalijevu lužinu — i to soli, koje potječu od raznih organskih kiselina. Obično od tri, koje se zovu s t e a r i n s k a, p a l m i t i n s k a i o l e i n s k a ili uljevna kiselina. I one su nam svaka za sebe poznata tjelesa, i to stearinska i palmitinska kiselina jesu bijela, k r u t a, masna tjelesa, — treba se sjetiti na stearinske svijeće, — a uljevna je kiselina t e k u ć i n a. Formula stearinske kiseline je $C_{18} H_{36} O_2$, palmitinske $C_{16} H_{32} O_2$, a uljevne $C_{18} H_{34} O_2$. Kako se vidi, one su vrlo slične po svom kemijskom sastavu, a osobito se odlikuju, što imaju u sebi znatnu količinu ugljikovih i vodikovih atoma.

Tako izgledaju same kiseline. A s a p u n i nijesu ništa drugo, nego kalijeva, natrijeva ili koja druga sol tih kiselina. Zamijenimo li naime u svakoj od ovih triju kiselina j e d a n vodikov atom s kalijem (K),

to ćemo dobiti kalijev stearinat, kalijev palmitinat i kalijev oleinat t. j. ($C_{18} H_{35} O_2 K$), ($C_{16} H_{31} O_2 K$) i ($C_{18} H_{33} O_2 K$). Smjesa od tih triju spojeva, od tih triju soli, nije ništa drugo, nego obični ili kalijev sapun.

Sada ćemo lako objasniti djelovanje kalijeve lužine na mast. Budući da se kalijeva lužina sastoji iz K (O H), to je mast kod raspadanja na glicerin i sapun morala uzeti iz K O H pojedine sastojine t. j. K, O i H. I to sapun je uzeo u sebe K, a glicerinu je preostalo O i H. Iz toga slijedi, da se u masti moraju nalaziti spojevi glicerina sa stearinskom, palmitinskom i uljevnom kiselinom, t. j. da mast nije ništa drugo nego smjesa tih spojeva, koji su tako građeni, da onaj dio, što pripada glicerinu u tim spojevima, treba vodika i kisika, da se iz njega stvori opet sam čisti glicerin, a onaj dio u tim spojevima, koji pripada spomenutim kiselinama, treba kalija, natrija ili koje druge kovine, da se stvore sapuni, t. j. soli kalija, natrija i t. d. s tim kiselinama, ili opet samo v o d i k a, da se stvore slobodne kiseline: stearinska, palmitinska i oleinska. I doista, pokazalo se je, da je i sama v o d a, t. j. $H_2 O$, koju možemo napisati i H (O H), kadra rastaviti mast na glicerin i slobodne spomenute kiseline i to kad djeluje na mast kao usijana, vruća para uz stanoviti pritisak.

Sve nas to dovodi do spoznaje, da je mast smjesa spojevâ glicerina sa spomenutim kiselinama. Te spojeve zovu prema kiselinama jednostavno s t e a r i n, p a l m i t i n i o l e i n. U svakom tom spoju nalazi se j e d n a molekula glicerina, udružena s t r i molekule dotične kiseline, tako da kod tog udruženja izlaze iz njih tri molekule vode. Obrnuto, primi li na pr. stearin, palmitin ili olein u sebe tri molekule vode, raspast će se na jednu molekulu glicerina i tri molekule dotične kiseline. Proces stvaranja na pr. stearina, t. j. proces stvaranja masti iz glicerina i stearinske kiseline, i onda obrnuto, raspadanje stearina na glicerin i stearinsku kiselinu, t. j. raspadanje masti na glicerin i stearinsku kiselinu, dalo bi se ovako prikazati kemijskim formulama:



$$\underset{\text{(glicerin)}}{C_3 H_8 O_3} + \underset{\text{(stearinska kiselina)}}{3\, C_{18} H_{36} O_2} \rightleftarrows \underset{\text{(stearin)}}{C_{57} H_{110} O_6} + \underset{\text{(voda)}}{3\, H_2 O}$$

Znak $\rightleftarrows$ prikazuje nam, da proces može teći prema prilikama, t. j. prema upotrebljenim kemijskim agensima, na jednu ili drugu stranu; proces stvaranja stearina, a to je ujedno i proces stvaranja masti, zove se u kemiji e s t e r i f i k a c i j a, a proces raspadanja masti s a p o n i f i k a c i j a, jer se na taj način dobiva sapun.

Kako vidimo iz kemijske formule, stearin, a isto tako palmitin i olein, imaju velike molekule; stearin, eto, ima u svojim molekulama svega 173 atoma, a to je znatna razlika na pr. spram vode ($H_2 O$) ili kojeg drugog anorganskog spoja, na pr. kalijeve lužine ($K O H$), gdje imamo samo po 3 atoma u molekuli, a i organski spoj glicerin, sa svojih 14 atoma u molekuli, daleko zaostaje za stearinom.

Od takovih su velikih molekula izgrađene prirodne masti i ulja, što se javljaju kao organska građa živih bića. U svima njima dolaze ponajčešće stearin, palmitin i olein. Ali nijesu uvijek smiješani u jednakim omjerima; jedanput ima više oleina, drugi put stearina i t. d. A baš odatle i proizlazi vanjska, fizikalna razlika između pojedinih prirodnih masti i ulja. Treba samo imati na umu, da je glicerin tekućina. Zato su stearin i palmitin također kruća tjelesa, dočim je olein, koji nastaje spajanjem dviju tekućina, glicerina i oleinske kiseline, tekuće tijelo. Ima li dakle koja mast u sebi više stearina, a manje oleina, ona je čvršća, kruća, a prevladava li olein, onda su stearin i palmitin u njemu otopljeni, a mast je tekućina, ulje, kakove su na pr. mnoge bilinske masti, u kojima je glavna sastojina olein.

Budući da je poznato, iz čega je izgrađena prirodna mast, a glicerin i spomenute kiseline mogu se i umjetno napraviti, to je moguća i umjetna sinteza, umjetna priprava masti u kemijskom laboratoriju. Još sredinom prošloga stoljeća načinio je mast umjetno veliki francuski kemik Berthelot, a danas se može dapače sasvim lijepo pokazati, kako se može doći do masti, kompliciranog organskog spoja, što ga fabricira živa stanica naveliko u prirodi, umjetnim načinom iz jednostavnih anorganskih spojeva, počevši od elemenata. Treba naime najprije načiniti glicerin i koju od kiselina, n. pr oleinsku, a onda je lako od njih sastaviti mast, u ovom slučaju ulje. Jer se glicerin može načiniti iz acetilena ($C_2 H_2$), a ovaj iz anorganskih spojeva: kalcijevog karbida i vode, ili dapače iz elemenata, a u drugu ruku, jer se komplicirana organska kiselina oleinska ($C_{18} H_{34} O_2$) može načiniti iz jednostavnijih, a ove dapače iz anorganskih spojeva, to je organska sintetična kemija kadra iz posve jednostavnih tjelesa doći do ulja, do masti upravo onakovih svojstava, kakvi su prirodno ulje i prirodna mast. Nema sumnje, da si je kemija time osvjetlala lice.

Ali dvije stvari treba kod toga osobito istaknuti. Ponajprije je put, kojim sintetička organska kemija ide do masti, spor, težak, skopčan sa žestokim pomagalima, kaošto su jake kiseline i baze, visoke temperature i t. d., dok priroda radi daleko jednostavnije i brže, bez visokih temperatura i žestokih pomagala, dakle putem, o kojem zna kemija danas još vrlo malo. Iz toga slijedi i drugo, a to je, da je živa stanica daleko jeftinija tvornica masti i ulja, nego li kemijski laboratoriji sa svojim skupim pomagalima! Zato ljudi sade masline, siju kukuruz i tove svinje, da dođu do dobre masti i ulja, a ne čekaju na umjetne produkte iz fabrikâ, koji bi im iz kamenja, vode i zraka načinili mast!

No vratimo se k prirodnim mastima, jer one nas u prvom redu interesuju kao faktična i važna građa živih bića. Dosada smo razabrali, da su prirodne masti smjesa stearina, palmitina i oleina u raznim omjerima, pa im odatle i potječu specifična svojstva, karakteristična za biljku ili životinju, od koje dobivamo dotičnu mast ili ulje. No prirodnih masti ima na stotine vrsta! Razlog je tomu nadalje i to, što ima još nekih kiselina, koje se mogu udružiti s glicerinom i tako stvoriti masno ili uljevito tijelo, a i to, što umjesto glicerina može nastupiti u njima koji drugi organski spoj, sličan njemu. Ali ipak se velika većina masti i ulja sastoji samo iz glicerina i stearinske, palmitinske i oleinske kiseline.

Tako je na pr. maslac, mast, koja se nalazi u mlijeku sisavaca kao normalna i važna njegova sastojina, također građen od spomenutih spojeva glicerinovih, no osim ovih spojeva ima u maslacu znatna količina spojeva glicerina s nekim drugim organskim kiselinama, kaošto su maslačna, kapronova i kaprilova. One se tim odlikuju od stearinske, palmitinske i oleinske, što su hlapive i zato davaju maslacu, kao prirodnoj masti životinjskog porijekla, specifični karakter. U nekim opet mastima i uljima bilinskog porijekla ima, osim običnih spojeva glicerinovih, također njegovih spojeva s kiselinama, koje se zovu laneno-uljevna kiselina, eruka-kiselina, miristinska kiselina i t. d., a ti onda spojevi daju zasebna svojstva mnogih bilinskih ulja, kaošto je na pr. laneno, gorušičino, makovo itd.

Miris i tek prirodnih masti potječe od malenih količina hlapivih sastojina i onda od sastojina u vodi topivih, jer njušni živci, kako je poznato, zamjećuju samo hlapive tvari, a okusni u vodi topive. Glavna pak sastojina masti i ulja: stearin, palmitin i olein nijesu ni u vodi topive ni hlapive. Zato na pr. miris i tek maslačev potječe od neznatnih količina hlapivih kiselina, koje su se oslobodile iz spo-

jeva s glicerinom. Stoje li pak masti dulje vrijeme na zraku, mijenjaju se tako, da požute, da reagiraju kiselo i da imaju neugodan miris i tek; mi velimo, mast se je pokvarila, postala je ranketljiva (»ranzig«). Ta je pojava nastala tako, da se mast počinje djelomično raspadati na glicerin i kiseline, a ove se oksidiraju na zraku i stvaraju tako plinovita tjelesa neugodna mirisa.

Kako smo već spomenuli, masti se ne otapaju u vodi, ali se od njih i vode može zgodnim mućkanjem načiniti smjesa, koja se zove emulzija. Tako je na pr. kravlje mlijeko bijelo od emulziranih čestica masti i to od malenih partikula maslaca, koje su vanredno fino raspršene po inače bezbojnoj tekućini, vodenoj otopini mliječnog sladora, mliječnih proteina, soli i drugih sastojina mlijeka. Emulzija masti nije stalna. Ako ju pustimo, neka stoji, to će se mast ili ulje skupiti na površini, jer je laglje od vode. S istih razloga nastaje na mlijeku skorup ili vrhnje. No može se polučiti i trajna emulzija masti u vodi, ako se vodi doda nešto malo sapuna, gumije ili nekih drugih tvari. Ta se pojava tumači tako, što na pr. sapunica oko svake one male čestice masti, koja je raspršena u vodi, načini kao neki ovoj, neku membranu, i ta priječi česticama masti, da se ne sliju zajedno.

Ovo je ukratko najvažnije, što se zna o mastima i uljima, o kemijskom im sastavu i fizikalnim svojstvima, a potrebno je zapamtiti, da uzmognemo razumjeti ulogu masti i ulja kao kemijske građe živih bića. S tom ulogom, kao i sa promjenama, što se odigravaju s mastima u živim organizmima, i kod njihova postanka i kod njihove pretvorbe i raspadaja, upoznat ćemo se kasnije.

Iz ovog, što je gore kazano o mastima i njihovu kemizmu, razabira se ujedno, da su sve masti i ulja, s kojima dolazimo u doticaj, prirodni produkti. Istina, mast se može i umjetno napraviti, ali sinteza masti, o kojoj smo gore govorili i koja je pridonijela do dubljeg pogleda u kemijsku narav masti, više je od teoretske, nego od direktne praktične koristi.

Margarin, ceres, kunerol i t. d., što dolaze u trgovini kao mast za jelo, nijesu nipošto umjetno načinjeni produkti. To su samo trgovačka i tehnička imena za masti iz biljaka i životinja, što su ih dakle ove stvorile, pa se u fabrikama na podesan način iz raznih bilinskih i životinjskih produkata vade i čiste.

Tako je na pr. ceres bilinska mast, koja se vadi iz kokosovih oraha, a margarin je trgovačko ime za smjesu stearina i palmitina. Ta se smjesa može pripremiti iz masnih, jeftinijih čestí životinja, kaošto su loj, kosti i t. d. i to na taj način, da se iz njih izvuče pomoću etera ili alkohola sva mast, dakle stearin, palmitin i olein. Ohlađivanjem zasićenog eternog ili alkoholnog ekstrakta obaraju se iz otopine kao kruta tjelesa u obliku krugljaste mase, sastavljene od tankih listića i iglica, stearin i palmitin, t. j. margarin. Taj se onda odjeljuje od tekućine, čisti i šalje u trgovinu kao nadoknada za običnu mast i ulje, kojom začinjaju jelo siromašniji slojevi po velikim gradovima. Margarin ima zapravo gotovo isti sastav kao i druga mast ili maslac, pa mu nema nikakovog prigovora po hranivoj vrijednosti, ali ima često od onečišćenja takav tek, da ga ne podnose finiji želuci.

Toliko o masti i uljima.

b) Lipoidi.

Još sredinom prošlog stoljeća otkrivena su u organizmima neka organska tjelesa, donekle nalik na mast, poimence holesterin, što znači mast iz žuči, i lecitin, masti ili vosku slično tijelo iz žumanca, no ni izdaleka se nije pomišljalo, da su ti spojevi od općenitog i važnog znamenovanja za život. Istom pred decenij ili dva počela je nauka o životu priklanjati sve više pažnje tim tjelesima kao građi živih bića. Osobito otkad je švedski fiziolog Overton iznesao misao, potkrijepljenu mnogim pokusima, da se holesterin i njemu slična tjelesa, t. zv. holesterini, a u biljkama fitosterini i onda lecitin i njemu slična tjelesa, što se poradi toga, jer imaju u sebi fosfora, zovu fosfatidi, nalaze u svakoj živoj stanici kao neophodno za život potreban sastavni dio. Overton je ujedno sva ta tjelesa, poradi sličnosti s mastima, nazvao lipoidima, t. j. tjelesima sličnima masti. I to, lipoidi su prema shvatanju Overtonovu zato od znamenovanja za život uopće, jer je svaka stanica u živom biću omeđena ili ograđena nesamo svojom sad manje sad više izraženom anatomskom membranom, kaošto je na pr. celulozna membrana kod svih bilinskih stanica i onda vezivninska membrana kod mnogih životinjskih stanica, nego još i posebnom fiziološkom membranom. Ta se doduše ne razbira onako pod mikroskopom, kao što spomenute anatomske membrane, ali se može dokazati fiziološkim pokusima i promjenama; ti pokusi dovode do zaključka, da ta nadasve važna fiziološka membrana svih živih stanica mora biti izgra-

đena iz lipoidâ. Lipoidna je naime membrana prema tom shvatanju vanjska granica svake žive stanice i poradi toga odlučan i važan faktor kod prodiranja pojedinih tvari u stanice i kod izlaženja raznih produkata iz stanica, t. j. kod primanja hrane kod sekrecija i ekskrecija, što ih neprestano obavljaju žive stanice. No ne samo to; o lipoidnoj membrani ovisi djelovanje otrova, narkotika i lijekova itd. na stanice. O njoj ovisi prodiranje vode i u vodi otopljenih soli, kiselinâ i bazâ u stanice, a kako su soli nosioci elektrijskog naboja, ovise o lipoidnoj membrani elektrijske prilike u stanicama i uopće sposobnost razdražljivosti stanice, kao osobitog znaka njezina života.

Premda je većina ovih navoda donekle hipotetske naravi i mi ćemo se još posebno u ovoj knjizi pozabaviti nekojim procesima, o kojima je ovdje istaknuto, da ih regulira lipoidna membrana kao fiziološka granica stanicâ, to je ipak uloga lipoidâ u živim bićima danas utoliko uglavljena, da ih nauka o građi živih bića ne smije mimoići. Evo ukratko najvažnije, što se navodi o njihovim svojstvima, o njihovoj fizikalnoj i kemijskoj naravi.[1]

Dok masti i ulja sačinjavaju kemijski jasno karakterizovanu grupu spojeva, jer se u svima nalaze glicerin i neke organske kiseline, to se lipoidi ne mogu po svojoj kemijskoj naravi svrstati u jednu skupinu kemijskih spojeva; zajednička im je karakteristika sadržana u fiziološkoj njihovoj naravi i zadaći, a osim toga veže ih sve i ujedno ih priključuje grupi prirodnih masti i ulja to, što su sva ta tjelesa — kako je već istaknuto — topiva u nekim organskim otapalima, kaošto su eter, alkohol, benzol itd.

Kemija lipoida još je u počecima. Istina, u posljednje je vrijeme iz organizama izolovan čitav niz spojeva, koji se ubrajaju među lipoide, te su okršteni raznim imenima, ali je još uvijek opravdana sumnja, da li su sva ta tjelesa doista kemijski individui. U jednu ruku vrlo je teško odijeliti lipoide od masti i ulja — poradi topivosti u istim otapalima — i onda jedne od drugih, a u drugu ruku ističu najodličniji istraživaoci na tom području, da su lipoidi vrlo labilni spojevi, koji se jamačno kemijski promijene, dok ih drastičnim metodama nastojimo odijeliti kao kemijske individue. Baš zato se ne ćemo ovdje upuštati pobliže u prikazivanje pojedinih, u novije vrijeme otkrivenih lipoida

[1] Ivar Bang: Chemie und Biochemie der Lipoide. Wiesbaden. J. F. Bergmann 1911.

i metoda rada kod tih otkrića. Spomenut ćemo samo to, — sjetivši se naše žabe od 100 gr., — da se pomoću etera mogu ekstrahirati iz suhog preostatka gotovo sve masti, ulja i lipoidi zajedno. Uklonimo li iz tog ekstrakta eter, dobit ćemo masti i lipoide iz naše žabe. A sad treba ići dalje! Približno ćemo odijeliti masti i ulja od lipoida pomoću jedne tekućine, slične špiritu, koja se zove aceton. U njemu se naime masti tope, a oni lipoidi, koji imaju u sebi fosfora, t. zv. fosfatidi, kaošto je na pr. lecitin, ne tope se. Ekstrahiramo li dakle s acetonom eterni preostatak naše žabe, izvući će aceton iz njega sve masti, ulja i neke lipoide i to poglavito holesterin, a ostat će kao netopivi preostatak fosfatidi. Saberemo li sada acetonski ekstrakt, to se u njemu nalazi uz masti i ulja još i holesterin. Njega pak odijelit ćemo od masti na osnovu toga, što se masti mogu pomoću lužine — kako nam je već otprije poznato — pretvoriti u sapune, a holesterin ne može. Kuhamo li dakle naš acetonski ekstrakt s lužinom, dobit ćemo sapune i holesterin. Ovi se pak mogu odijeliti zato, jer je holesterin topiv u eteru, a sapuni nijesu više u eteru topivi. Tako bi konačno odijelili i dobili posebno: 1. fosfatide, od kojih je najvažniji lecitin, 2. sapune, koji potječu od masti i ulja, i 3. holesterin kao najvažniji lipoid, koji nema u sebi ni fosfora ni dušika (kao fosfatidi), nego samo ugljik, vodik i kisik, no ipak se razlikuje od masti i ulja. No postupak je ovaj samo približan i pokazuje još svu silu nedostataka i nesigurnosti. U glavnom dolazimo ipak tim postupkom do najvažnijih lipoidâ, a to su holesterin i lecitin.

Holesterin je jamačno raširen u svim živim stanicama, no nije posvuda jednako. Što više, u biljkama nema uopće onakva holesterina, kakav je nađen u životinjskim organima, ali su u biljkama otkriveni spojevi sasvim slični holesterinu, a zovu se fitosterini.

Holesterina ima osobito u mozgu i u živcima. Tako se je na pr. u onom dijelu mozga, što se zove »corpus callosum«, našlo 15% holesterina, u cijelom mozgu oko 2.5%, a u živčevlju uopće (u živčanom tkivu) 1%. Nadalje u čovječjoj žuči oko 6%, dočim u mišicama (dakako osušenima) samo 0.3%. Nema sumnje, da ove znatne količine holesterina u živim bićima stoje u vezi s funkcijama onih organa, koji obiluju holesterinom. No najviše se ipak holesterina stvara u patološkim slučajevima i to t. zv. žučni kamenci (»Gallensteine«) sadržavaju katkad do 99% holesterina, t. j. oni su gotovo sâm holesterin.

Baš zato je i najlaglje prirediti kemijski čisti holesterin iz žučnih kamenaca. Dobiva se tijelo nalik na mast, netopivo u vodi, ali topivo u već spomenutim organskim otapalima, kaošto su eter, kloroform, alkohol itd. Iz eterne otopine iskristalizira holesterin u obliku iglica, koje se tale kod 147° C. Zagrijavamo li čisti holesterin u prostoru, u kojem nema zraka, to će se pretvoriti u paru, koja se ohlađivanjem u istom prostoru skrutne u obliku tankih listića; holesterin dakle sublimira. Boje je bijele, ali se na zraku, a osobito na s v i j e t l u, bojadiše žuto i dobiva neugodan miris.

Što se tiče kemijskog sastava, to se u molekulama holesterina nalaze samo ugljik, vodik i kisik, i to formula mu je jamačno $C_{27}H_{46}O$. Iz te se formule razbira, da je u molekuli holesterina znatna količina ugljikovih i vodikovih atoma, a samo jedan kisikov. Po tom on podsjeća na masti, ali pobliže kemijsko proučavanje, razne pretvorbe, što ih možemo izazvati s holesterinom, pokazuju, da nema u njem ni glicerina, ni organskih kiselina, kao u mastima. Što više, on nema ništa zajedničko ni s ostalim grupama organskog materijala u živim bićima, naime s ugljikohidratima i bjelančevinama, pa tako zauzimlje po svojoj kemijskoj građi sasvim zasebno mjesto u životinjskom organizmu. Drži se, da ima karakter t. zv. sekundarnog alkohola. Kako nastaje holesterin u životinjskom organizmu, a isto tako fitosterini u biljkama, ne zna se pobliže. Zato ćemo kasnije moći da obratimo pažnju samo nekim fiziološkim procesima, kod kojih su lipoidi, a prema tome i holesterin od eminentne važnosti, da uzmognemo tako razabrati, koju ulogu ovo tijelo vrši u živim bićima.

L e c i t i n je najpoznatiji i najvažniji predstavnik one grupe lipoidâ, koji se zovu f o s f a t i d i, jer sadržavaju u sebi f o s f o r a. Već sredinom prošloga stoljeća rekao je holandeski fiziolog M o l e s c h o t t: »bez fosfora nema misli«, zato, jer se je u našem mozgu našlo spojeva, u kojima je fosfor nužna sastojina. To su upravo današnji fosfatidi, koji su jednako kao i holesterin osobito zastupani u moždanskom i živčanom tkivu, pa nema sumnje, da stoje u vezi s funkcijama tih tkiva. Uz fosfor se nalazi u fosfatidima još i d u š i k, elemenat, karakterističan za onu grupu organskog materijala, što ga zovu proteini ili bjelančevine. Prema tomu su fosfatidi izgrađeni iz elemenata: ugljika, vodika, kisika, fosfora i dušika. Molekule dakle njihove ne samo da su velike po broju atoma, nego i po vrsti atoma u njima; baš zato su lipoidi osobito komplicirani, a poradi toga i promjenljiv i labilan organski materijal. Sve je to razlog, da se fosfatidi teško izlučuju u čistom stanju iz živih bića, a poradi toga nije ni kemijski sastav njihov točno proučen, odnosno nije moguća još ni izdaleka u m j e t n a sinteza fosfatida. Najproučeniji je od njih svakao l e c i t i n.

Još god. 1847. priredio je lecitin franceski kemik G o b l e y i to iz žumanca, pa je i danas žumanjak najzgodniji materijal za dobivanje lecitina, iako nije onako zgodan, kao što su žučni kamenci za priredbu holesterina. Preparati, koji dolaze u trgovini pod imenom »lecitin«, znatno su onečišćeni drugim nusastojinama, što više, drži se, da uopće nije još do danas pošlo za rukom prirediti lecitin kao potpuno čisti kemijski individuum. Baš zato mu nije još ni formula sigurno utvrđena.

Što se tiče kemijskog sastava, poznato je, da se u lecitinu nalazi glicerin, a osobito je zanimljivo, da je u društvu s anorganskim jednim spojem, s fosfornom kiselinom, pa čine zajedno t. zv. g l i c e r i n f o s f o r n u k i s e l i n u. Na taj je kompleks onda privezano nekoliko organskih kiselina, sličnih onima, što dolaze u mastima, i jedna organska baza, nazvana h o l i n. Koje su to kiseline, nije još danas potpuno sigurno uglavljeno. Približna je formula lecitina $C_{34}H_{80}NPO_{11}$, iz koje se razbira, da se u njemu nalazi dušik i fosfor u omjeru 1 : 1, što se drži osobitom kemijskom karakteristikom lecitina u grupi ostalih fosfatida, gdje dolaze dušik (N) i fosfor (P) u drugim omjerima.

Osim u žumancu nađen je lecitin poglavito još u srčanoj mišici i u jetrima, ali ga ima jamačno i drugdje, kao na pr. u mozgu, u žuči, u krvi, nadalje u mnogim bilinskim sjemenkama. Izvađen iz spomenutih organa izgleda lecitin kao ljepiva, vosku slična bijela ili narančasta masa. Donekle se topi u vodi, t. j. nabubri u vodi i raskvasi se tako, da se dobiva neprozirna, koloidalna otopina. Poput masti stvara vodnu emulziju. Vanredno se lako topi u alkoholu, ali i u drugim već spomenutim otopalima, dok se ne topi u a c e t o n u kod obične temperature, pa smo rekli, da se na tom osniva postupak za izolovanje lecitina od ostalih masti i lipoida. Na zraku, zatim ugrijan ili izvrgnut kemikalijama i fermentima, lecitin se brzo raspada, pa poradi toga spada među najlabilnija i najnestalnija organska tjelesa.

Osim lecitina ima još čitav niz fosfatida, koji su rašireni u stanicama i tkivima živih bića, pa ih fiziološki kemici nastoje izvaditi iz njih. Poradi labilnosti njihove i drugih okolnosti posao je taj vrlo težak i do danas ima još vrlo malo sigurnih rezultata. Ali nema sumnje, da će se i na tom području istraživanja organske građe živih bićâ usa-

vršiti s vremenom radne metode, tako da ćemo moći dublje zaviriti u kemizam tih tjelesa. Istom onda ćemo i jasnije odrediti ulogu njihovu u živim bićima, kojoj je važnost već i danas izvan svake sumnje.

Iz svega, što smo kazali o mastima i lipoidima, slijedi, da su masti s kemijske svoje strane dobro proučene, što više, da je već dugo poznata i umjetna sinteza njihova. Lipoidi pak, koji su s mastima povezani po fiziološkim svojim svojstvima, dakle po zadaći, koju vrše u živim bićima, nijesu još po svojem kemizmu poznati toliko, koliko su poznate masti, t. j. rijetki su od njih izvađeni u čistom stanju iz živih bića, pa im zato nije ni sastav točno poznat. A sve dotle, dok im kemizam nije točno proučen, nema ni govora o sintezi lipoidâ umjetnim putem. Jasno je dakle, da pred nama leži još neobrađeno polje istraživanja, koje nas poradi važnosti svoje — jer lipoidi kao građa mozga stoje u najbližoj vezi s našim duševnim životom — osobito mami, da zasučemo rukave i prionemo na rad na tom području biokemije.

B) Ugljikohidrati.

Komad sladora, što smo ga izvadili iz biljke, sladorne repe, šaka bijelog brašna pšeničnog ili rižinog, platnena krpa ili kup bijele kao snijeg vate i pamuka, sve su to na prvi mah vrlo različna tjelesa, ali je kemijsko istraživanje otkrilo, da glavne sastojine svih tih tjelesa, a to su: sl a d o r, š k r o b i c e l u l o z a, spadaju u zajedničku skupinu organske građe živih bića, koju nazivaju ugljikohidrati. Slador, brašno i platno dobivamo od b i l j a k â. Ugljikohidrati su ona važna grupa organskog materijala, od kojeg je pretežno izgrađeno bilinsko tijelo. No kako nam je poznato, hrane se sve životinje i čovjek direktno ili indirektno od biljaka, pa tako dolaze ugljikohidrati i u njihovo tijelo, gdje ne služe jedino kao materijal, koji se životnim procesom životinja i čovjeka troši i raspada, nego i kao materijal, koji izgrađuje stanice i tkiva životinjskog organizma. Ugljikohidrat, koji dolazi u prvom redu u obzir kao građa životinjskog i čovječjeg tijela, zove se g l i k o g e n. Dakle sladar, škrob, celuloza i glikogen najvažniji su ugljikohidrati živih bića. Pri tom treba imati na umu, da ipak ima mnogo više ugljikohidrata u tijelu biljke, nego u tijelu životinjskom. Tako zvana suha tvar, koju smo češće spomenuli govoreći o našoj žabi od 100 gr., a iznosi primjerice 30 gr., sastoji se kod biljaka pretežno od ugljikohidrata, a kod životinja pretežno od proteina ili bjelančevina. U 30 gr.

suhe tvari naše žabe, za koju smo rekli da je sačinjavaju soli i organski materijal, ne bismo našli ni 1% ugljikohidrata, t. j. glikogena. O r g a n s k i materijal naše žabe sastoji se samo od nešto malo masti, lipoida i glikogena, a sve su drugo proteini. Nasuprot su u biljkama proteini sadržani u manjoj mjeri, a ugljikohidrati, t. j. škrob, celuloza i slador, sačinjavaju glavnu masu suhe tvari.

To je jedno. Nadalje je od važnosti za ugljikohidrate kao građu živih bića to, da su oni doduše vrlo rašireni u bilinskim a donekle i u životinjskim stanicama, ali da ima i takovih stanica, koje pokazuju sve znakove života, a u njima nema uopće ugljikohidrata. Zato se i veli, da ugljikohidrati, kraj sve svoje velike važnosti za ž i v o t, nijesu za nj potrebni u a p s o l u t n o m smislu, što vrijedi samo za proteine, a kako novija istraživanja ističu, i za lipoide. Ali iz toga nipošto ne slijedi, da su ugljikohidrati kao građa živih bića od neke podređene i neznatne važnosti za šarenu i veličajnu sliku života na našoj Zemlji; treba se samo sjetiti, da su svi čvrsti i odrvenjeni bilinski dijelovi izgrađeni u glavnom od celuloze, od istog su materijala i membrane bilinskih stanica, a bez škroba i sladora ne može se gotovo ni pomisliti prirodna sinteza vaskolike organske građe bilo biljakâ bilo životinjâ. O tom ćemo se potonjem uvjeriti još bolje, kad se budemo pobliže upoznali s postankom i promjenom ugljikohidrata u živim bićima.

A što znači ovaj naziv u g l j i k o h i d r a t i; zar je u njemu sadržana kemijska karakteristika tih tjelesa? Do imena »ugljikovi hidrati« ili kraće ugljikohidrati, došlo se je na osnovu toga, što se u navedenim spojevima nalaze elementi ugljik, kisik i vodik, i to u takovom odnošaju, da uvijek na jedan ugljikov atom (C) dolazi toliko vodika i kisika, koliko ih ima u vodi (H_2O). Pa kaošto se u anorganskoj kemiji nazivaju spojevi pojedinih tjelesa s vodom h i d r a t i, na pr. spoj sumporne kiseline s vodom zove se hidrat sumporne kiseline ($H_2SO_4 \cdot 3H_2O$), tako se je i ovdje izveo naziv ugljikovi hidrati, jer je tobože u njima spoj ugljika s vodom, t. j. $C \cdot H_2O$. Ali u novije se je vrijeme pokazalo, da u tom odnošaju ugljika, vodika i kisika u tim spojevima nije sadržana dublja kemijska oznaka njihova, nego je taj odnošaj više slučajan i dapače ne postoji kod svih tjelesa, koja se moraju ubrojiti među ugljikohidrate, a u drugu ruku, ima i drugih organskih spojeva, sasma drugojačije kemijske naravi, u kojima dolaze ugljik, vodik i kisik u omjeru $C : H_2O$, t. j. isto kao i u pravim ugljikohidratima.

Pa šta je onda bitna kemijska oznaka sladorà, škroba, celuloze i glikogena, te ih skupljamo u zajedničku kemijsku grupu organske građe? Prema istraživanjima najvećeg savremenog njemačkog organskog kemika na tom području Emila Fischera, sva ta prirodna tjelesa velikih molekula ujedinjuje ta pojava, što su se njihove molekule kadre dosta lako raspasti, razdrobiti na manje molekule, koje imaju kemijsku narav spojeva, što ih je sve zajedno nazvao Fischer sladori (»Zuckerarten«). Sladore pak razlučujemo od ostalih prirodnih i umjetnih organskih spojeva ne samo po njihovom slatkom okusu, — taj pokazuje na pr. još i puno izrazitije saharin, iako ne spada među sladore, — nego po stanovitim kemijskim reakcijama. Takova je na pr. reakcija, da iz Fehlingove otopine izlučuju zagrijevanjem crveni bakrov oksid. O Fehlingovoj otopini govorit ćemo doskora, a sada nam je istaknuti, da osim ove pojave postoje još neke kemijske promjene, koje su zajedničke za sladore, pa ih onda pobliže kemijski karakterišu. Dakle: prirodni najvažniji ugljikohidrati, kaošto su škrob, celuloza, glikogen, jesu spojevi vrlo velikih molekula, ali se ti spojevi raspadaju djelovanjem kiselina, fermenata i drugih sredstava, u prisutnosti vode, na spojeve relativno malenih molekula stanovitih kemijskih svojstava, koji se spojevi zovu sladori. Baš zato se u novije vrijeme sve više napušta naziv »ugljikohidrati«, a umjesto njega se uvodi drugi zajednički naziv za vrlo veliku grupu umjetnih i prirodnih organskih spojeva, a to je sladori. Naziv se je taj već sasvim udomaćio u organskoj kemiji, no fiziološka nauka, koja se bavi proučavanjem u prvom redu prirodnih spojeva, zadržala je još uvijek stariji naziv »ugljikohidrati«, pod kojim se razumijevaju prirodni sladori, škrob, celuloza i glikogen.

Prema svemu tomu, evo, što je u stvari. Slador na pr., što se nalazi u grožđu i zovu ga grožđani slador, i onda slador, što se nalazi u sladornoj trstici i zovu ga trščani slador, nadalje u svem zelenom lišću, u mnogim gomoljima i plodovima sadržano tijelo, što ga zovu škrob (amylum, Stärke), jesu svi zajedno uvelike srodni po tom, što će škrob i trščani slador, jer imaju veće molekule, lako prijeći u grožđani slador, koji između njih trojice ima najmanje molekule. Ovo se raspadanje zbiva samo u prisutnosti vode, pa se zato i zove hidroliza (od grč. hydor = voda i lyo = rastavljam, razrješujem). Poradi toga opravdano držimo, da se obrnuto može od grožđanog sladora doći do trščanog sladora i škroba, i to udruživanjem,

umnažanjem njegovih molekula u nove komplekse, nove veće molekule. Takav se proces jamačno neprestano odigrava u živim bićima, a i umjetno ga možemo donekle realizovati. Ali također u prisutnosti vode.

Grožđani je slador jedan od najjednostavnijih, najobičnijih, a prema tomu i najvažnijih ugljikohidrata, a jednostavnost se njegova sastoji u tom, da ima u molekuli samo šest ugljikovih atoma. Formula mu je $C_6 H_{12} O_6$; dakle na svaki C dolazi $H_2 O$. Slador iz trstike već ima veće molekule, u njemu je dvanaest ugljikovih atoma; formula mu je $C_{12} H_{22} O_{11}$. Pogledamo li ove dvije formule, to je ova potonja gotovo isto što i podvostručena prva. Drugim riječima, jedna molekula trščanog sladora dat će kod raspadanja dvije molekule grožđanog sladora, odnosno dvije molekule sladora, koji ima u sebi samo šest ugljikovih atoma. Ali kako smo rekli, u prisutnosti vode. To se vidi iz jednadžbe:



$$C_{12} H_{22} O_{11} + H_2 O \rightleftharpoons C_6 H_{12} O_6 + C_6 H_{12} O_6$$

I ovdje nam znak $\rightleftharpoons$ govori, da proces može prema prilikama teći na jednu ili na drugu stranu, t. j. ili u smjeru raspadanja, razgrađivanja, ili obrnuto u smjeru izgrađivanja, sinteze većih molekula.

Isto tako možemo i molekule škroba rastaviti na manje molekule, na molekule grožđanog sladora $C_6 H_{12} O_6$. Ali dok nam je moguće kemijskim sredstvima, na pr. kuhanjem s razrijeđenim kiselinama, škrob pretvoriti u slador, to nam do danas još nije pošlo za rukom izgraditi natrag iz molekula $C_6 H_{12} O_6$ velike molekule škroba. Baš zato ne znamo još napisati formulu škroba, t. j. ne znamo točno, koliko je u njemu ugljikovih atoma; nije nam još pošla za rukom sinteza tog važnog prirodnog organskog spoja, kao ni sinteza mnogih drugih prirodnih tjelesa, i to jamačno zato, jer se u njihovim molekulama nalazi na stotine, dapače na tisuće atoma. No budući da se škrob, a isto tako i ostali prirodni ugljikohidrati, t. j. celuloza i glikogen, kojima su molekule možda još veće od molekula škroba, mogu sasvim lijepo rastvoriti na molekule $C_6 H_{12} O_6$, t. j. na molekule onakovog jednostavnog sladora, kakav je primjerice u grožđu, to držimo opravdano, da su molekule škroba, celuloze i glikogena neki multiplum (umnožak) molekula grožđanog sladora. One se naime hidrolitički, t. j. primanjem vode u sebe raspadaju na $C_6 H_{12} O_6$. Zato je običaj pisati škrob, celulozu i glikogen formulama $(C_6 H_{10} O_5) \cdot n$; gdje je taj

n nepoznati broj, ali jamačno dosta velik. A ako je taj n veoma velik, onda smijemo proces hidrolize škroba, celuloze i glikogena ovako napisati: $(C_6 H_{10} O_5).n = n\, C_6 H_{12} O_6 - n\, H_2 O$.

A to će reći, da se spomenuti ugljikovi hidrati u prisutnosti obilja vode mogu pomoću zgodnih sredstava pretvoriti u najjednostavniji prirodni ugljikohidrat, koji ima u sebi samo 6 ugljikovih atoma.

Ako je tako, onda je jasno, da se moramo ponajprije upoznati sa svojstvima jednostavnijih ugljikohidrata, tim više, što se oni mogu i umjetno napraviti, pa nam je zato njihova kemijska narav dobro poznata. Iz tih jednostavnijih ugljikohidrata gradi priroda posve lako u svojim živim bilinskim i životinjskim stanicama kompliciranije, da budu živim bićima materijal i hrana. Na žalost, nijesu nam još do danas poznati putovi tih prirodnih sinteza, ali nauka, koja ne preda pred zaprekama, nego uvijek hrabro kroči naprijed, ulazi polagano u trag putovima i metodama, po kojima radi najsavršeniji kemik: živa stanica. Da dostigne tog kemika, nauka ide polagano i obzirno od malenih i naoko neznatnih stvari sve k većima i savršenijima.

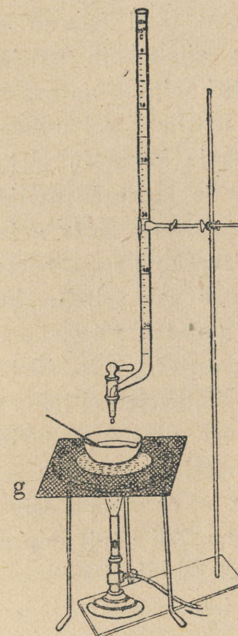
a) Općenita svojstva sladora.

Promotrit ćemo najprije neka karakteristična svojstva onih jednostavnih ugljikohidrata ili sladorâ, od kojih jamačno nastaju kompliciraniji. Molekule su naime njihove proučene utoliko, da se mogu i umjetno napraviti. Mnogi su od njih, kao na pr. grožđani slador, voćni slador, obični slador ili slador iz trstike i sladorne repe i t. d., od znatne praktične važnosti kao hrana, lijekovi i izlazni materijal za fabrikaciju drugih spojeva. Ali i ovdje moramo naglasiti, da umjetna sinteza tih sladora ima samo teoretsku važnost, jer velike količine sladora, koje nam služe u životu za hranu i u druge važne svrhe, sve su prirodni produkti; priroda je, kako smo već u svoje doba istaknuli, najjeftinija kemijska tvornica.

Od reakcijâ, kojima možemo upoznati prave sladore i odrediti na stanovitom mjestu, na pr. u mokraći, u moštu i t. d., količinu njihovu, jedna je od najobičnijih i najčešće upotrebljavanih ona, što je davaju otopine pravih sladora sa t. zv. Fehlingovom otopinom.[1]

[1] Solutio Fehling: Otopi u 1 l destilovane vode 34,65 gr čiste, svježe kristalizovane modre galice, u drugoj boci od 1 l pomiješaj 173 gr Seignettove soli + 350 cc vode + 600 cc natrijeve lužlne od 1,12 spec. težine + vode koliko je još treba do 1 l.

Fehlingova je otopina tekućina lazurne boje, koja se kod svakog istraživanja mora svježa pripraviti i to tako, da se pomiješa vodena otopina modre galice s vodenom otopinom natrijeve soli vinske kiseline (Seignettove soli) i natrijeve lužine. U tu se svrhu drži u pripremi u posebnoj boci modra otopina bakrene galice stanovite jakosti, a u drugoj bezbojna otopina lužine i soli vinske kiseline potrebne jakosti. Želimo li se uvjeriti, da li u kojoj tekućini ima sladora, to ćemo najprije pomiješati jednake količine dviju



Sl. 12. Kvantitativno određivanje sladora pomoću *Fehlingove* otopine.

spomenutih otopina, što ih držimo u pripremi, i tako ćemo dobiti lijepu lazurnu Fehlingovu otopinu, a onda dodati te otopine tekućini, koju ispitujemo, i sve skupa zagrijevati. Počne li se zagrijevanjem stvarati žućkasto-crveni talog, što potječe od bakrova oksidula, znak je, da je u tekućini prisutan pravi slador, koji ima svojstvo da reducira iz lužnate otopine bakrove soli bakar kao bakreni oksidul. Iz količine stvorenog taloga i iz potrošene količine Fehlingove otopine možemo onda zgodnim načinom saznati i to, ko-

l i k o ima u dotičnoj tekućini sladora, odnosno proračunati postotak sladora u njoj. U tu se svrhu služimo jednostavnim spravama, što ih vidimo na našoj 12. slici.

Nadalje pokazuju sladori, kao i mnogi drugi prirodni organski spojevi, jedno optičko svojstvo, na osnovu kojega se može također odrediti prisutnost i količina sladora u tekućini. Svojstvo se to zove o p t i č k a a k t i v n o s t. Kako je optička aktivnost zanimljiv i važan prirodni pojav, to ćemo ukratko prikazati, u čemu se ona sastoji.

U fizici se govori o dvjema vrstama svijetla: o o b i č n o m i o p o l a r i z o v a n o m svijetlu. Gori li na pr. svijeća ili plinski plamenik, u čijem smo plamenu usijali koju natrijevu sol, to se od svijeće ili od plinskog plamena širi svijetlo na sve strane. Ako smo tako u plinskom plamenu usijali natrijevu sol u tamnom prostoru, na pr. u tamnoj komori, kako je imaju fotografi, u koju ne dolazi sunčano svijetlo, onda kažemo, da je komora rasvijetljena natrijevim žutim svijetlom. Pobliže nas istraživanje može uvjeriti, da se to natrijevo žuto svijetlo širi od svog izvora ne samo na sve strane, nego i u svim mogućim ravninama. Takovo pak svijetlo, kojemu valovi titraju od svog izvora u s v i m m o g u ć i m r a v n i n a m a, zove se o b i č n o svijetlo; u našem slučaju natrijevo, žuto, o b i č n o svijetlo. Takovo je obično svijetlo i sunčano svijetlo, jer se i ono rasprostire valovitim gibanjem od svog izvora, Sunca, u svim mogućim ravninama. Stavimo li sada u tamnoj komori na upaljeni plamenik zaslon, na kojem je otvor samo na jednoj strani, kroz taj će otvor moći svijetlo da izlazi od svog izvora samo na jednu stranu. Ali i taj snop zrakâ svijetla bit će još uvijek o b i č n o svijetlo, jer se valovi svijetla šire i titraju u njemu u svim mogućim ravninama, iako samo na jednu stranu. No pustimo li takav snop zrakâ svijetla kroz stanovit aparat, kao što je t. zv. N i c o- l o v a p r i z m a ili t u r m a l i n o v a k l i j e š t a, to će se svijetlo prošavši kroz takav aparat, širiti dalje s a m o u j e d n o j r a v n i n i. Takovo se pak svijetlo zove p o l a r i z o v a n o svijetlo, a aparati, koji od običnog svijetla mogu da načine polarizovano, zovu se p o l a r i- z a t o r i. Pomoću polarizatora možemo dakle polučiti, da nam se sunčano svijetlo, natrijevo svijetlo ili svijetlo bilo iz kojeg mu drago izvora širi od polarizatora dalje samo u jednoj s t a l n o j ravnini, koja se naziva ravnina polarizovanog svijetla.

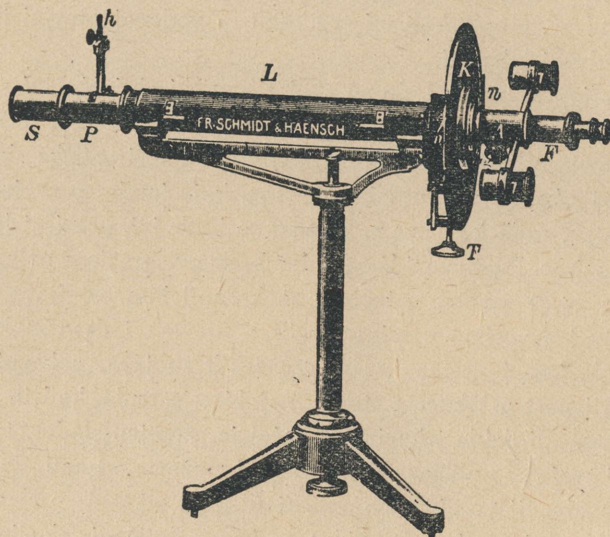
A u čemu se sastoji optička aktivnost? Pustimo li polarizovano svijetlo kroz p r o z i r n o tijelo u krutom, tekućem ili otopljenom

stanju, to se možemo uvjeriti, da li polarizovano svijetlo putuje kroz to tijelo dalje u istoj ravnini, ili je dotično tijelo kadro ravninu polarizovanog svijetla zaokrenuti bilo na lijevu, bilo na desnu stranu. Tijelo, koje ne mijenja ravnine polarizovanog svijetla, nema optičke aktivnosti, dočim tijelo, koje zaokreće ravninu polarizovanog svijetla, ima optičku aktivnost, i to, ono je ili optički desno ili optički lijevo aktivno, prema tomu, na koju stranu zaokreće ravninu polarizovanog svijetla. Nadalje, optički aktivna tjelesa mogu biti jače ili slabije aktivna, prema tomu, za koliko zakreću ravninu polarizovanog svijetla na desno ili na lijevo, dapače i kod jednog te istog tijela može biti kut optičke aktivnosti veći ili manji, na pr. prema količini tog tijela u vodenoj otopini ili kojoj drugoj prozirnoj tekućini.

Za nas je od važnosti, da su sladori optički aktivni. Oni su, kako smo već spomenuli, k r u t a tjelesa. No u krutom stanju, načinili mi i sasvim proziran ledac sladora, ne pokazuju sladori optičke aktivnosti. Uopće su rijetka k r u t a prozirna tjelesa, koja imaju to svojstvo. Takova je na pr. ruda k r e m e n, kojemu se bezbojni, prozirni leci zovu kremen prozirac. Pustimo li kroz ledac kremena prozirca polarizovano svijetlo, to će se ravnina njegova zaokrenuti bilo na lijevo, bilo na desno; zato i govorimo u mineralogiji o lijevom i desnom kremenu. Sladori pak, kao i većina krutih organskih spojeva, pokazuju istom optičku aktivnost u tekućem stanju, najobičnije onda, kad ih otopimo u vodi. Imamo li dakle tekućinu, u kojoj je otopljen slador, to će ona pokazivati svojstvo optičke aktivnosti i mi možemo saznati, da li je taj otopljeni slador lijevo ili desno optički aktivan, a i to — prema veličini kuta optičke aktivnosti — k o l i k o ga ima u dotičnoj tekućini, na pr. u mokraći.

U tu se svrhu služimo aparatom, što nam ga prikazuje slika 13., a zove se p o l a r i m e t a r. Tekućina, koja se ima istražiti, nalije su u staklenu cijev poznate duljine (100—500mm), a ta se cijev zatvori u pukotinu, koja se nalazi u sredini aparata i označena je slovom L. Svijetlo dolazi od plamenika, u čijem se plamenu žari kuhinjska sol, kroz otvor oklopa do našeg aparata s lijeve strane. Ulazi kroz leću S u aparat i dolazi na mjestu P u polarizator, u kojem se polarizuje tako, da putuje dalje kroz L samo u jednoj ravnini, t. j. kao polarizovano svijetlo. Na desnoj strani, kod F, gledamo u aparat. Radi se dakako u tamnoj komori, a osim toga se obično glava motriočeva i veći dio aparata sve do S, kao i kod fotografiranja, prekrije crnom krpom. Vidimo

li kroz leću na desnoj strani aparata (kod F) potpuno osvijetljeno, okruglo vidno polje, znak je, da je polarizovano svijetlo prošlo nepromijenjeno kroz cijev s tekućinom, t. j. da je tekućina optički inaktivna. Ako je pak samo polovica ili stanoviti dio okruglog vidnog polja osvijetljen, znak je, da je tekućina optički aktivna, i to prema tomu, koji je dio vidnog polja potamnio, tekućina je ili lijevo ili desno optički aktivna; ravnina je naime polarizovanog svijetla zaokrenuta bilo na desno, bilo na lijevo, i tako svijetlo ne može potpuno osvijetliti vidnog polja, jer je otišlo u stranu. I sad je na aparat pričvršćen kolut K.



Sl. 13. Polarimetar.

Gledajući u aparat mi taj kolut u onom slučaju, kad nije cijelo okruglo vidno polje osvijetljeno, polagano zaokrećemo, dok se opet ne osvijetli cijelo vidno polje. Budući da je na kolutu urezana mjera (nonius), to se može pročitati, za koji smo kut, t. j. za koliko gradi (stupnjeva) zaokrenuli kolut, a iz tog se zaokretaja može izračunati i stupanj optičke aktivnosti istraživane tekućine. Za stanovitu vrst sladora, na pr. za grožđani slador, sastavljene su tabele, u kojima je točno prikazano, koliki je stupanj optičke aktivnosti redom za svaki postotak otopljenog grožđanog sladora u vodi. Dobijemo li dakle na istraživanje koju tekućinu na pr. mokraću, u kojoj se ima odrediti, koliko je u njoj

otopljenog grožđanog sladora, jer se taj slador izlučuje kod sladorne bolesti u mokraći, to ćemo pomoću polarimetra naći najprije točno stupanj optičke aktivnosti istraživane mokraće i onda pročitati i izračunati iz empiričke tabele, koliko postotaka sladora odgovara nađenom stupnju optičke aktivnosti.

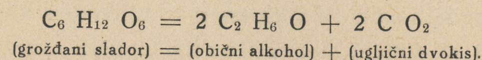
S obzirom na prikazano optičko svojstvo sladora, običaj je kod svake vrsti prirodnih sladora spomenuti to njihovo važno svojstvo, t. j. istaknuti, da li je dotični slador desno optički aktivan, lijevo ili moguće inaktivan. Prema latinskim nazivima dexter (desni), laevus (lijevi) i inactivus, meće se onda pred ime toga sladora slovo d-, l-, ili i-, da se točno označi, o kojoj se modifikaciji njegovoj govori.

Predaleko bi nas odvelo, da se upustimo u prikazivanje teorije, koja nastoji objasniti pojavu optičke aktivnosti kod sladora i drugih organskih spojeva. Spomenut ćemo samo još to, da su prirodni produkti, na pr. prirodni sladori, optički aktivni, dočim se je pokazalo, da je umjetno načinjeno tijelo istog kemijskog sastava optički inaktivno. Mislilo se je zato, da u prirodi radi nama nepoznata životna sila, — vis vitalis, — koja prirodnim produktima daje optičku aktivnost. Ali je pošlo za rukom dokazati, da su inaktivna umjetna tjelesa obično smjese od jednakog broja desno i lijevo optički aktivnih molekula, pa koliko jedni molekuli zaokreću na desno, toliko drugi na lijevo, a cijelo je tijelo zato optički inaktivno. No mi možemo jedne molekule odijeliti od drugih i dokazati, da je i umjetno načinjeni produkt posve jednak prirodnom i po svojim optičkim svojstvima.

Toliko o optičkoj aktivnosti.

Na trećem ćemo mjestu spomenuti osobito karakteristično svojstvo sladora, a to je pojava, koju zovemo vrenje (»Gährung«) sladora. Pojava se ta sastoji u tom, da se stanovite jednostavne vrsti sladora, otopljene u vodi, djelovanjem nekih mikroorganizama (bakterija), odnosno djelovanjem sastojina mikroorganizama, što ih zovemo enzimi, raspadaju na jednostavnije organske i dapače anorganske spojeve. Pojava je ta od vrlo velikog praktičnog znamenovanja, jer se na njoj primjerice osniva fabrikacija špirita. Grožđani se naime slador, a i neke druge vrsti sladora raspadaju pod utjecajem kvaščevih gljivica (saharomiceta) u glavnom na obični alkohol i ugljični dvokis. Proces se taj zove alkoholno vrenje i zbiva se primjerice kod prelaza mošta u vino. Mošt je tekućina, koja sadržaje u sebi stanoviti postotak grožđanog

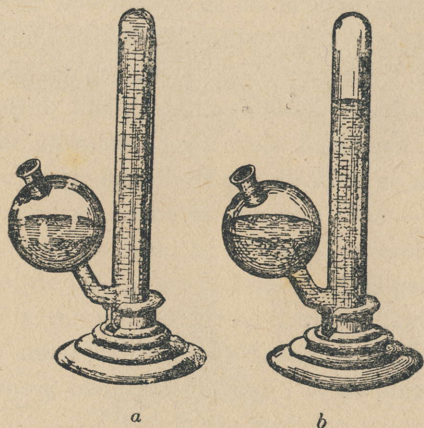
sladora. Iz zraka napadaju u mošt (a mogu se i umjetno dodati moštu!) klice kvaščevih gljivica; mošt počinje kod povoljne temperature vreti; stvara se od grožđanog sladora obični alkohol i ugljični dvokis. Alkohol ostaje u tekućini i glavna je djelotvorna sastojina vina, a ugljični dvokis kao plin odlazi većim dijelom u uzduh. Proces alkoholnog vrenja grožđanog sladora može se prikazati kemijskim formulama ovako:



$$C_6\,H_{12}\,O_6 = 2\,C_2\,H_6\,O + 2\,C\,O_2$$

(grožđani slador) = (obični alkohol) + (ugljični dvokis).

I na tom se procesu osniva jedna metoda za određenje količine grožđanog sladora u tekućini. U zgodno načinjene cijevi (vidi sliku 14.) ulije se sladorna tekućina tako, da je uspravni, kalibrovani dio na-



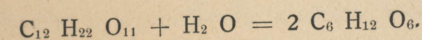
Sl. 14. Cijevi za vrenje; *a*) svježe napunjena, *b*) nakon procesa vrenja.

punjen do vrha, a širi krugljasti dio samo do polovice. Sad se baci u cijev nešto malo kvasca i vrenje se započne. Ugljični se dvokis diže u uspravnoj cijevi i istiskuje tekućinu u kruglju. Iz voluma ugljičnog dvokisa nakon dovršenog vrenja može se zaključiti, koliko je bilo grožđanog sladora u tekućini.

Nije grožđani slador jedini, koji može alkoholno provreti. Tu sposobnost imaju i drugi jednostavni sladori. Ali je osobito važno to, da se gotovo s v i prirodni ugljikohidrati mogu zgodnim kemijskim agencijama pretvoriti u grožđani slador, t. j. mi možemo i iz škroba, glikogena i celuloze, tih ugljikohidrata vrlo velikih molekula, doći lako do $C_6\,H_{12}\,O_6$, koji je kadar alkoholno provreti. Na tom se i osniva fabri-

kacija špirita na veliko iz š k r o b n a t i h prirodnih produkata, kaošto su korun, sjemenke žitarica (ječam, zob, riža itd.) te i ona fabrikacija alkohola, što se u najnovije vrijeme uvodi u praksu, naime iz drvne pilovine, u kojoj se nalazi ugljikohidrat, nazvan c e l u l o z a.

Osim alkoholnog vrenja mogu sladori stupiti u stanje drugih nekih vrenja. Takovo je na pr. vrenje, kod kojega se stvara m l i j e č n a k i s e l i n a, pa se za razliku od alkoholnog vrenja nazivlje mliječno-kiselo vrenje, a odigrava se kod prelaza slatkog mlijeka u kiselo. U slatkom se naime mlijeku nalazi jedan slador, koji se zove mliječni slador i ima formulu $C_{12}\,H_{22}\,O_{11}$, dakle dva puta veću od grožđanoga sladora, umanjenu za molekulu vode, t. j.:



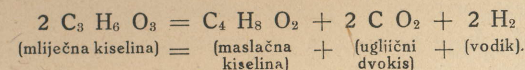
$$C_{12}\,H_{22}\,O_{11} + H_2\,O = 2\,C_6\,H_{12}\,O_6.$$

No dođu li u mlijeko iz uzduha klice mikroorganizma, što ga zovu B a c t e r i u m l a c t i c u m, to će se mliječni slador djelovanjem tog mikroorganizma raspasti prema gornjoj jednadžbi na grožđani slador, a ovaj će onda p r o v r e t i u mliječnu kiselinu, koja kiselom mlijeku daje poznati kiseli okus i ima formulu $C_3\,H_6\,O_3$. Proces se dakle mliječno-kiselog vrenja može prikazati ovako:



$$C_6\,H_{12}\,O_6 = 2\,C_3\,H_6\,O_3.$$

Zanimljivo je, da se ovako nastala mliječna kiselina može dalje pretvarati i rastvarati na nove sastojine pomoću drugog uzročnika vrenja, koji se zove B a c i l l u s b u t y r i c u s (maslačni bakcil), zato, jer se kod tog procesa stvara maslačna kiselina. Proces se predočuje ovako:



$$2\,C_3\,H_6\,O_3 = C_4\,H_8\,O_2 + 2\,C\,O_2 + 2\,H_2$$

(mliječna kiselina) = (maslačna kiselina) + (ugljični dvokis) + (vodik).

Poradi toga, jer se na taj način stvara maslačna kiselina, zove se ovo vrenje maslačno-kiselo vrenje. Iz mliječnog sladora dolazimo dakle najprije do grožđanog, a ovaj je kadar redom provreti najprije mliječno-kiselo, a onda dalje maslačno-kiselo, t. j. iz mliječnog sladora možemo tako dobiti konačno maslačnu kiselinu i plinove: ugljični dvokis i vodik.

O vrenju i uzročnicima vrenja posebno ćemo govoriti u poglavlju o djelovanju t. zv. fermenata ili enzima kod procesâ, koji se odigravaju u živim bićima. Ovdje smo istaknuli ovaj pojav kao karakteristično svojstvo jednostavnih sladora. A kako ovi mogu nastati iz komplici-

rane građe živih bića, iz ugljikohidrata velikih molekula, koje nazivljemo: škrob, inulin, glikogen, celuloza itd., a ovi osobito dolaze u obzir, kad se govori o ugljikohidratima kao građi živih bićâ, to je za poznavanje te komplicirane građe i za metode određenja njezine količine u živim bićima potrebno znati, kako ćemo raspoznati i uglaviti jednostavne sladore, među kojima zauzimlje prema svemu, što smo o sladorima spomenuli, prvo i najvažnije mjesto onaj, što se zove grožđani slador. Grožđani je slador u neku ruku centrum, oko kojega se okreće nauka o sladorima i ugljikohidratima. On nije od važnosti samo kao raspadajni produkt viših ugljikohidrata, nego i kao samostalna sastojina živih bića. Pristupit ćemo zato sada, nakon što smo upoznali nekoje općenite karakteristične strane sladorâ, k prikazivanju svojstava pojedinih ugljikohidrata, koji se javljaju u živim bićima. Dakako da ćemo i ovdje obratiti pažnju najraširenijim, najobičnijim i prema tomu najvažnijim sladorima i ugljikohidratima.

b) Pojedini ugljikohidrati.

Ugljikohidrate običavaju dijeliti prema broju ugljikovih atoma u molekuli na tri skupine, koje zovu ili: monoze, bioze i polioze, ili: monosaharidi, disaharidi i polisaharidi. Monoze ili monosaharidi najjednostavniji su sladori; jednostavnost se njihova sastoji u tom, što se monosaharidi ne mogu rastaviti na jednostavnija tjelesa, koja bi još uvijek zadržala karakter sladora. Bioze ili disaharidi takovi su sladori, koji se lako raspadaju na dva jednostavnija sladora, na dvije monoze, a polisaharidi su ili polioze napokom ugljikovi hidrati vrlo velikih molekula, koje se sastoje od znatnog broja monoza ili monosaharida.

Najvažniji su monosaharidi sa šest ugljikovih atoma u molekuli, ma da ima organskih spojeva, koji imaju još sva svojstva sladora, a imaju u sebi pet, četiri, dapače i tri ugljikova atoma. Ali prirodni su ugljikohidrati ponajviše monosaharidi sa C_6, disaharidi sa C_{12} i polisaharidi sa (C) x; to će reći, da su im formule $C_6H_{12}O_6$, zatim $C_{12}H_{22}O_{11}$ i $(C_6H_{10}O_5)x$.

Najvažniji monosaharidi jesu:

1. Grožđani slador. Ime mu potječe od toga, što se javlja u zrelom grožđu. No zrelo grožđe nije jedini prirodni objekt, u kojem ima ovog sladora; javlja se on još u znatnim količinama u medu, slatkim plodovima, sjemenkama i korijenju. Kod čovjeka i životinja nalazi se toga sladora u crijevu za vrijeme probave, zatim u neznatnim količinama u krvi i limfi, a i u drugim tjelesnim sokovima i tkivima. U mokraći se nalazi grožđani slador normalno samo u tragovima, ali kod sladorne bolesti (diabetes) zna doseći do 10 i više postotaka. Poradi toga ga zovu još i mokraćni slador, a na osnovi optičkih i nekih drugih svojstava raširena su za taj slador, uz imena grožđani i mokraćni slador, još i imena glikoza, zatim dekstroza, jer je prirodni grožđani slador optički desno aktivan. Već smo spomenuli, da se hidrolitičkim raspadajem, što ga možemo izazvati kemikalijama, na pr. kiselinama, ali i probavnim sokovima, raspadaju gotovo svi viši ugljikohidrati, na pr. škrob, glikogen i t. d. u grožđani slador, pa su zato taj slador i njegova svojstva od velike važnosti i kod tehničkih, umjetno izazvanih procesa (na pr. fabrikacija špirita!), i kod prirodnih procesa, što se odigravaju u živim bićima (na pr. probava ugljikohidratne hrane!).

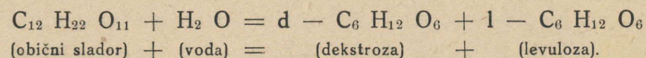
K onomu, što smo već općenito kazali o svojstvima sladora, a proteže se osobito baš na grožđani slador, dodati nam je još samo par riječi. Slatki okus njegov nije tako jak, kao u običnog sladora, t. j. sladora iz sladorne trstike i sladorne repe. Grožđani slador ne nailazi na direktnu uporabu kao hrana onako, kao obični slador. Hoćemo li da ga priredimo veću količinu u čistom stanju, to ćemo najbolje postupati ovako:

12 litara alkohola od 90% pomiješa se s 480 cc jake solne kiseline, smjesa se ugrije na 45—50° C, doda joj se postepeno 4 kg. u prah smrvljenoga običnog sladora i sve se to ostavi na toj temperaturi dva sata. Kad se nakon toga tekućina ohladi, baci se u nju nešto ulеđenog praha čistog grožđanog sladora, da se izazove kristalizacija grožđanog sladora, koji se je kod gore opisane procedure stvorio iz običnog sladora. Za nekoliko dana iskristalizuje se sav grožđani slador, tekućina se ukloni, a slador se opere razrijeđenim alkoholom, da se očisti od zaostataka solne kiseline. Tako će se dobiti bijeli prah slatka okusa, lako topiv u vodi.

2. Voćni slador. Nalazi se u voću, u društvu s grožđanim sladorom, pa mu je odatle i ime. Kemijski mu je sastav isti kao i u grožđanog sladora, dakle mu je formula $C_6H_{12}O_6$, ali se od ovoga razlikoje poglavito po tom, što je optički lijevo aktivan; odatle mu je uz voćni slador još ime levuloza. Ali ne nalazi se jedino u voću, t. j.

u bilju, nego i u životinjama i njihovim produktima, na pr. u medu, katkad u krvi, mokraći i nekim eksudatima. Med i nije ništa drugo nego u glavnom smjesa voćnog i grožđanog sladora.

I voćni se slador oslobađa hidrolizom viših ugljikohidrata. Tako na pr. obični slador, t. j. slador iz trstike i sladorne repe, jedan je disaharid formule $C_{12}\ H_{22}\ O_{11}$, koji se hidrolizom raspada na jednake količine voćnog i grožđanog sladora. Proces ove hidrolize, koja se obično zove invertiranje običnog sladora, dao bi se zato ovako prikazati:



$$C_{12}\,H_{22}\,O_{11} + H_2\,O = d - C_6\,H_{12}\,O_6 + l - C_6\,H_{12}\,O_6$$

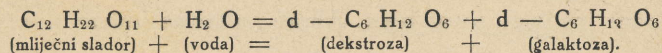
(obični slador) + (voda) = (dekstroza) + (levuloza).

Smjesi dekstroze i levuloze daje se obično ime invertni slador; prirodni invertni slador je med.

U nekim biljkama, poglavito u glavočikama (kompozitama), na pr. u korijenju Inule Helenium, u gomoljima Dahlie i nekih vrsta Helianthusa, nalazi se ugljikohidrat, polisaharid, nalik na škrob, a zovu ga inulin. Taj pak inulin ima karakteristično svojstvo za razliku od škroba, da se hidrolizom raspada na voćni slador, a ne kao škrob na grožđani slador. Zato se voćni slador i priprema obično iz spomenutih biljaka, poglavito iz gomoljâ Dahlie.

Premda je glavna razlika između grožđanog i voćnog sladora u optičkom svojstvu njihovu, u optičkoj aktivnosti, jer je prirodni voćni slador optički lijevo, a prirodni grožđani slador optički desno aktivan, ipak ima i nekih drugih razlika između ova dva srodna sladora. Tako na pr. reducira voćni slador teže i slabije bakar iz Fehlingove otopine. Ali kraj svega toga, i u prirodi i umjetno, prelazi voćni slador lako u grožđani, kao u formu sladora, koja je najobičnija i najjednostavnija.

3. Galaktoza. Uz dekstrozu i levulozu treba spomenuti među monosaharidima i ovaj slador iste formule $C_6\ H_{12}\ O_6$, kaošto su i spomenuti, i to zato, jer se stvara hidrolitičkim raspadajem jednog osobito važnog sladora životinjskog porijekla, a to je mliječni slador. Kaošto obični slador daje hidrolizom smjesu dekstroze i levuloze, tako slador iz mlijeka daje smjesu dekstroze i galaktoze. Hidroliza je dakle mliječnoga sladora ovakova:



$$C_{12}\,H_{22}\,O_{11} + H_2\,O = d - C_6\,H_{12}\,O_6 + d - C_6\,H_{12}\,O_6$$

(mliječni slador) + (voda) = (dekstroza) + (galaktoza).

No kako smo dekstrozu i galaktozu napisali istom formulom d—$C_6\ H_{12}\ O_6$, iz koje se razbira, da je i galaktoza optički desno aktivna, to nastaje pitanje, po čemu se onda razlikuje galaktoza od dekstroze, t. j. od grožđanog sladora. Eto po tom, što se teže topi u vodi i što sporije provre alkoholnim vrenjem, kad je stavimo u doticaj u vodenoj otopini s kvaščevim gljivicama. Osim toga ima još nekih nježnih razlika kod reakcijâ, što ih daju monosaharidi sa stanovitim kemikalijama, po kojima se galaktoza raspoznaje od oba spomenuta monosaharida.

To su najvažniji prirodni monosaharidi ili monoze.

S obzirom na poznavanje njihove kemijske građe još mi je spomenuti, da se sva tri ova sladora mogu i umjetno napraviti. No umjetni je produkt optički inaktivan i to poradi toga, jer se u njemu nalaze jednake količine desnih i lijevih molekula. Danas pak znamo način, kako se jedna vrst molekula može odijeliti od druge, t. j. mi možemo umjetno načiniti grožđani slador, voćni slador i galaktozu, svaki u tri optičke forme, t. j. kao desnu, lijevu i optički inaktivnu. Zato postoji na pr. umjetni grožđani slador, pred koji se piše znak d—, l—, i —t. j. d-grožđani slador, l-grožđani slador i i-grožđani slador. Isto vrijedi i za voćni slador i za galaktozu.

To sam napomenuo poradi toga, jer će čitatelj u kemijskim udžbenicima naći, da se sve tri vrste sladora spominju kod svakoga od njih. Ali u prirodi, t. j. kao građa živih bića, javljaju se d-grožđani slador, l-voćni slador, a iz prirodnog produkta, mliječnog sladora, stvara se prirodna galaktoza kao d-galaktoza.

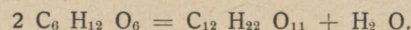
Osim ovih monosaharida ima u biljkama i životinjama još i nekih drugih, no mi ih ne ćemo pobliže spominjati, nego prelazimo na disaharide, od kojih su najvažniji ovi:

1. Obični slador. Nazvan je tako zato, jer se taj slador najviše upotrebljava za hranu. A kako se vadi iz sladorne repe i sladorne trstike, to ga zovu još i trščani slador. Znanstveno mu je pak ime, kao najizrazitijem predstavniku grupe disaharida, saharoza, prema kojemu je imenu i naziv za obični slador u nekih naroda sahar.

Slador je taj vrlo raširen u bilju, te ga osim u sladornoj repi i trstici ima u znatnim količinama još u stabljici nekh paomâ.

U tijelu životinja i čovjeka, kamo dolazi kao hrana, mijenja se taj slador tako, da se hidrolitički raspada na monoze: dekstrozu i levulozu, t. j. na invertni slador.

Kemijska mu je formula $C_{12}\ H_{22}\ O_{11}$, kao i svih disaharidâ ili biozâ. Kao karakteristično svojstvo ovog sladora pojava je, da ne pokazuje običnih kemijskih reakcija jednostavnih sladora, na pr. reakciju s Fehlingovom otopinom. Isto tako nije kadar obični slador direktno provreti alkoholnim vrenjem, nego se mora najprije invertirati. Sve je to navelo znamenitog istraživaoca sladora, spomenutog već njemačkog kemika E. Fischera na misao, da obični slador nastaje iz dviju molekula monozâ time, što se one vežu međusobno uz gubitak onih svojih sastavnih dijelova, koji su upravo potrebni za reakcije pravih, jednostavnih sladora. Kemijskim se formulama može postanak prikazati ovako:



$$2\ C_6\ H_{12}\ O_6 = C_{12}\ H_{22}\ O_{11} + H_2\ O.$$

No E. Fischer je razložio, da se u unutarnjoj građi tih molekula zbivaju kod ove sinteze takova premještenja atomâ i atomskih skupina, da se gubi karakter pravog sladora. Što više, E. Fischer je kemijskim putem potkrijepio svoje nazore i umjetno načinio, sintetizirao iz jednostavnijih organskih spojeva obični slador ili saharozu.

Ta sinteza dakako i opet ima samo teoretsku važnost, jer čovječanstvo će i nadalje namirivati svoje potroške običnog sladora iz bilinskog carstva i to u prvom redu iz stabljika sladorne trstike i korijenja sladorne repe, gdje se obilno stvara obični slador iz jednostavnih anorganskih spojeva utjecajem sunčanog svijetla. Slador dakle, što ga jedemo, nije umjetni produkt, nego se on samo u posebnim tvornicama, u fabrikama sladora, vadi tehnički iz sladorne repe i trstike. Proces je taj u glavnom ovakav:

Slador se nalazi otopljen u staničnom soku sladorne repe i sladorne trstike. On ne može izaći iz stanica, jer mu ne da protoplazma, što sa sviju strana zatvara vakuole, u kojima se nalazi stanični sok (vidi sl. 2.). Dođe li pak sladorna repa u vodu od 80—90° C vruću, to će se protoplazma promijeniti, ona će uginuti, zgrušati se i na njoj će se pokazati nježne pukotine, kroz koje slador može sada lako difundirati, izaći. Da se to još olakša, razreže se sladorna repa posebnim strojevima u tanke kriščice on neko 2—3 mm debljine.

Da se pak difuzija obavi sa što manje vode i što potpunije, to se spomenute kriščice sladorne repe metnu u željezne cilindre, zvane difuzeri, gdje se izlužuju s vodom tako, da se svježa voda uvodi uvijek u difuzer, u kojem su već najiscrpljenije kriščice. A sok, najbogatiji sladorom, dolazi tako napokon u cilindar, koji je upravo napunjen svježim kriščicama.

Na taj se način dobiva sok, tekućina, koja ima otprilike toliko sladora, koliko i sama sladorna repa, naime 12—15%. S ovim se sokom postupa dalje ovako:

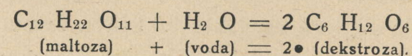
Doda mu se najprije vapna. Time se postizava dvoje. U jednu ruku vapnom se obaraju slobodne kiseline, što ih je također voda izvukla iz sladorne repe, kao na pr. oksalna kiselina, četrunova kiselina i t. d., jer bi one kod zagrijevanja soka, u svrhu da se izluči i iskristalizuje obični slador, invertirale njega na invertni slador, t. j. na levulozu i dekstrozu. U drugu ruku obaraju se vapnom fosfati, proteini i boje, što ih je zajedno sa sladorom izvukla voda iz kriščica sladorne repe. Ali se kod toga jedan dio vapna veže i na slador, to jest stvara se spoj kalcija sa saharozom, takozvani kalcijev saharat. Da se ovaj rastvori, uvodi se u sok ugljični dvokis, koji veže na sebe kalcij iz kalcijeva saharata kao kalcijev karbonat.

Sad se filtrovanjem i tiskanjem odijeli talog iz soka od otopine, u kojoj preostaje u glavnom slador, otopljen u vodi, uz neke nusastojine i onečišćenja; još uvijek ima u njemu spoj kalcija sa sladorom, kalcijev saharat. Da se iz te otopine dobije što veća količina sladora, isparuje se ona kod relativno niske temperature, koja se polučuje smanjenjem tlaka nad otopinom u t. zv. vakuum-tavama. Tekućina se zgušćuje i zove se gusti sok. U taj se sok uvodi ponovo ugljični dvokis, da se izluči kalcij iz saharata; stvoreni se kalcijev karbonat opet otfiltruje. Sad se kuha gusti sok, sve dok se obilno ne počnu izlučivati kristali sladora. Kod ohlađivanja se kristalizacija nastavlja tako, da konačno imamo samo kristale sladora uz gustu tekućinu, zvanu sirup. Centrifugiranjem se odjeljuje sirup od kristala. No u sirupu ima još uvijek dosta sladora. Zato se stavlja u posude, koje se neprestano okreću i tresu, pa se uslijed toga još dosta sladora izlučuje iz sirupa u obliku kristalića. Sirup, iz kojega slador ne će više da se obara, zove se melasa i služi za dobivanje špirita; slador, što je još preostao u njemu, može se posebnom procedurom dovesti u alkoholno vrenje.

Sabrani kristalići sladora nijesu još potpuno čisti. Oni su smeđežuti i sadržavaju na sebi sirupa. Da se očiste, slador se r a f i n i r a, t. j. kristalići se ponovo otapaju u čistoj vodi, otopina se filtrira preko ugljena iz kostiju, koji na sebe povlači boju, i onda se opet isparuje do kristalizacije u vakuum-tavama. Tako rafinirani slador šalje se u trgovinu.

Obični slador kristalizuje se u velikim monoklinskim lecima. Tali se kod 160° C, a kod daljeg zagrijevanja posmeđuje i stvara t. zv. k a r a m e l. U vodi se vrlo lako topi, tako da 100 dijelova zasićene otopine sadržava 67 dijelova sladora kod obične temperature (20° C). Optički je jako d e s n o aktivan; stupanj optičke aktivnosti iznosi + 66.5°. Raspada se lako na dekstrozu i levulozu, a kako ova potonja ima veći stupanj optičke aktivnosti od dekstroze, prelazi kod inverzije običnog sladora optička aktivnost postepeno iz jake desne u lijevu. O promjenama ovog sladora u živim bićima kao i o znamenovanju njegovom kao hrani bit će govora kasnije.

2. M a l t o z a. Ovim se imenom nazivlje slador jednake formule kao i obični, t. j. $C_{12}\ H_{22}\ O_{11}$, no koji se ne javlja onako u biljkama kao obični slador, nego istom nastaje raspadajem š k r o b a, uslijed djelovanja fermenta d i a s t a z e na škrob. Zato se maltoza stvara na pr. u ječmu, koji je počeo klijati, i to tako, da se onaj škrob, što je pohranjen u ječmovu zrnu, kao rezervna hrana za klicu, pomoću diastaze, što je produciraju stanice klice, raspada na manje molekule, na molekule posebnog sladora, maltoze. Takav slatki ječam rabi primjerice za varenje piva i zove se s l a d, a slador, što ga možemo u čistom stanju izlučiti iz slada, naša je maltoza. Maltoza je dakle važan slador samo kao t. zv. intermediarni produkt kod tehničkog pretvaranja škrobnatih tjelesa u obični alkohol. Maltoza se naime lako i brzo raspada odmah dalje i to iz jedne njene molekule nastaju u prisutnosti vode dvije molekule dekstroze, t. j. d-grožđanog sladora. Dakle:



$$C_{12}\ H_{22}\ O_{11} + H_2\ O = 2\ C_6\ H_{12}\ O_6$$
(maltoza) + (voda) = 2• (dekstroza).

A kako smo već rekli, dekstroza onda dalje prelazi alkoholnim vrenjem u obični alkohol i ugljičnu kiselinu. Tako i dolazi alkohol iz slada u pivo!

Sama čista maltoza kristalizuje u finim, bijelim iglicama i pokreće ravninu polarizovanog svijetla jako na d e s n o. Razlikuje se pak od saharoze poglavito po tom, što pokazuje sve reakcije pravih sladora. Zato drži E. F i s c h e r, da su se dvije molekule dekstroze tako udružile u jednu molekulu maltoze, da kod toga nijesu nastradale one grupe, t. j. skupine atomâ, koje su razlog reakcijama, što ih daju svi pravi sladori. Nasuprot su se kod izgradnje saharoze iz dekstroze i levuloze morale baš te skupine promijeniti!

3. M l i j e č n i s l a d o r i l i l a k t o z a. To je slador, za koji treba osobito istaknuti, da se javlja isključivo u ž i v o t i n j a m a, u mlijeku sisavačkom, jer su svi ostali sladori vezani u prvom redu uz b i l i n s k o carstvo. Normalno nastupa samo u mlijeku, ali se nalazi i u mokraći, na pr. u ženâ nakon poroda, ako im je mlijeko zasušilo.

Kemijski mu je sastav $C_{12}\ H_{22}\ O_{11} \cdot H_2O$, što znači, da se ledi s kristalnom vodom u obliku bezbojnih, rombijskih kristala. Optički je desno aktivan. Čiste kvaščeve gljivice ne stavljaju ga u alkoholno vrenje i po tom se razlikuje od grožđanog sladora. No ima drugih nekih gljivica (shizomicetâ), s kojima prelazi u alkoholno vrenje i to prema rezultatima E. F i s c h e r a tako, da se najprije raspada na svoje sastojine, a to su monosaharidi: g l u k o z a (grožđani slador) i g a l a k t o z a. Na tom se vrenju osniva priredba alkoholnih pićâ iz mlijeka, a to su »kumis«, što ga prave iz kobiljega mlijeka, i »kefir« iz kravljega mlijeka. No kod tog su u akciji i drugi mikroorganizmi, koji dovode uporedo i do mliječno-kiselog vrenja.

Mliječni se slador razlikuje dakle od običnog (saharoze) po tom, što daje reakciju s Fehlingovom otopinom i još s nekim drugim reagensima na »prave« sladore, a od grožđanog sladora i maltoze po tom poglavito, što ga kvaščeve gljivice ne izazivlju na alkoholno vrenje.

Za pripremu mliječnog sladora služi t. zv. s l a t k a sirutka, koja preostaje kod pravljenja sira iz slatkog mlijeka. Ponajprije se zagrijevanjem uklanjaju iz te sirutke još preostali proteini (kasein); oni naime koaguliraju kod toga, zgrušaju se, pa ih možemo otfiltrovati. Filtrat se onda isparuje do sirupaste tekućine, iz koje se stajanjem počnu izlučivati leci mliječnog sladora. Oni još nijesu posve čisti, pa ih, — ako želimo dobiti posve čisti mliječni slador, — opet otopimo u vrućoj vodi, procjeđujemo otopinu preko životinjskog ugljena, da se odbojadiše, i potom ponovo zagrijavamo do kristalizacije. Mliječni slador, što se dobiva u trgovini, nije posve čist, no lako ga čistimo na gore spomenuti način, koji se zove prekristalizacija.

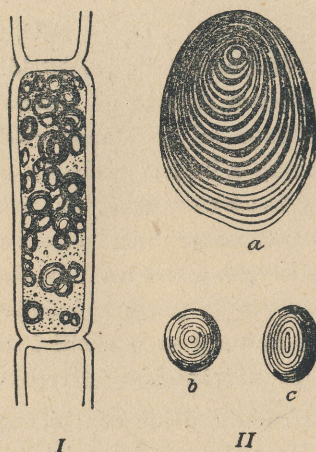
Mliječni je slador osobito važna hraniva sastojina, jer to je ugljikohidrat, koji kao prvi i jedini s majčinim mlijekom dolazi u naše tijelo.

Toliko o disaharidima.

Prelazimo na p o l i s a h a ri d e, među koje ubrajamo najraširenije ugljikohidrate bilinskog i životinjskog carstva, a mogu se zgodno podijeliti u tri grupe, i to: 1. grupa škrobnatih tjelesa, 2. grupa dekstrinâ, gumâ i bilinskih sluzi, i 3. grupa celuloznih tjelesa.

1. U grupu škrobnatih tjelesa spada ponajprije sam škrob.

Š k r o b, što ga zovu latinski »amylum«, njemački »Stärke«, raširen je u najrazličitijim bilinskim dijelovima, i to osobito kao t. zv. rezervna



Sl. 15. Znatno povećana škrobna zrnca u stanici i izvan stanice.

hrana u sjemenkama, korijenju, gomoljima itd. Koliko li smo ga već pojeli u kruhu našem svakidašnjem, jer je glavna sastojina svakog brašna!

Bijeli je to prah, a sastoji se iz sićušnih, mikroskopski malenih zrnaca, raznog oblika i veličine; ta zrnca pokazuju pod mikroskopom dvojaku strukturu, tamne i svijetle slojeve. (Vidi sliku 15.)

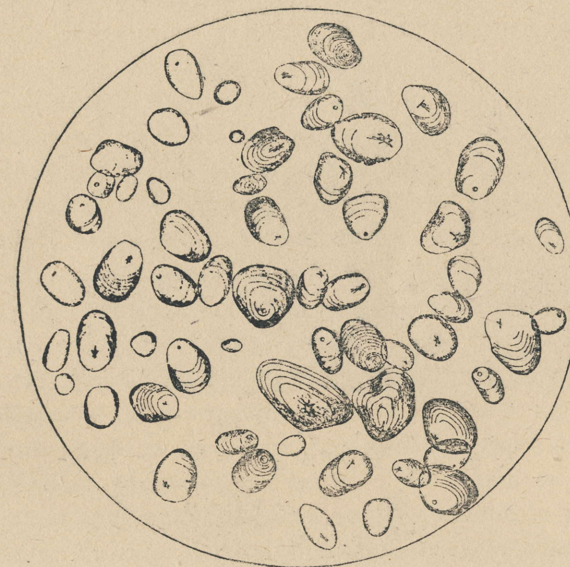
Oblik i struktura zrnaca škrobnih karakteristična je za biljke, od kojih potječe, kako nam to lijepo pokazuje slika 16. za razliku od slike 17.

Što se tiče kemijskog sastava škroba, to smo već istaknuli, da su molekule škroba jamačno vrlo velike, da se sastoje od stotine i stotine

atoma, ali još ne znamo točno, od koliko. Zato i pišemo škrob kao i sve ostale polisaharide formulom $(C_6H_{10}O_5)_n$, što znači, da je molekula škroba neki umnožak od $C_6H_{10}O_5$.

Škrob je netopljiv u hladnoj vodi, ali u toploj nabubruju škrobna zrnca tako, da se raspucavaju i stvaraju s vodom ljepivu masu, škrobno ljepilo (»Kleister«).

Kuhamo li škrob s razrijeđenim kiselinama, on se raspada, hidrolizira na jednostavni, najobičniji pravi slador, g l u k o z u ili grožđani slador. Analogan učinak izvađaju na škrob i razni encimi (na pr. onaj



Sl. 16. Škrobna zrnca iz korunova brašna, 250 puta povećana.

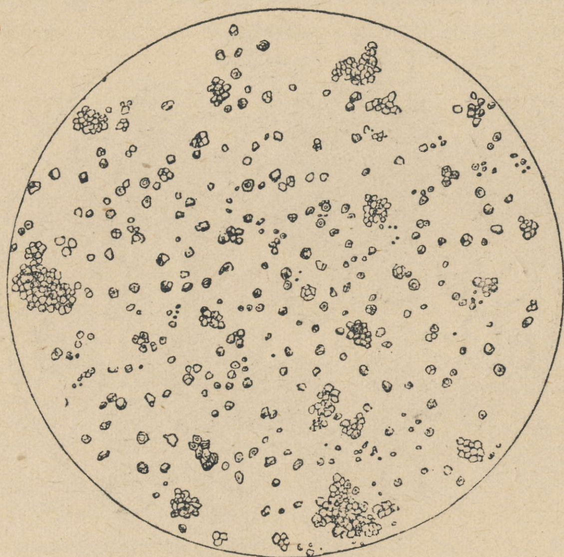
u ječmu, kad je počeo klijati, a zove se d i a s t a z a), samo što raspadajni produkti nijesu sasvim isti; hidroliza pomoću encima oslobađa iz škroba dekstrin i maltozu uz malo grožđanog sladora.

Škrobnati se prah poznaje po nekim karakterističnim svojstvima. Tako se za reakciju na škrob obično uzimlje jod[1], koji je kadar u prisutnosti svojih spojeva (na pr. kalijeva jodida ili jodovodika) bojadi-

[1] To su tamni listići, kovinskog sjaja, topljivi u eteru i alkoholu. Ali baš alkohol ne smije biti prisutan kod reakcije na škrob. Zato se u tu svrhu otopi jod u vodi, u kojoj jo otopljena bijela sol jodova, kalijev jodid, i ta otopina služi kao reagens na škrob.

sati škrob m o d r o. Ako želimo točno da odredimo postotak škroba, to se u tu svrhu pretvara škrob kuhanjem sa solnom kiselinom u slador, a ovaj se onda već spomenutim metodama, na pr. polarimetrički, određuje kvantitativno.

Budući da čisti škrob nalazi raznu upotrebu u tehnici, kućanstvu i ljekarstvu, to ga vade naveliko iz škrobnatih prirodnica. Princip dobivanja ukratko je ovaj: Kao sirovine služe najobičnije korun, riža, kukuruz ili pšenica. Neka je na pr. korun materijal, iz kojeg hoćemo da dobijemo škrob. U tu se svrhu fino razmrvi, tako da se razderu sta-



Sl. 17. Rižina škrobna zrnca, 320 puta povećana.

nične stijenke njegovih stanica, u kojima se nalaze škrobna zrnca. Sada se ta masa metne na sita, preko kojih teče voda (hladna!) i dobro se miješa. Voda mora biti hladna, jer bi u vrućoj škrob nabubrio i stvorio škrobno ljepilo. Voda ispere škrobna zrnca i ponese ih sa sobom kroz rupice na situ, a stanične stijenke i drugo ostane na situ. Zatim se pusti, da se u h l a d n o j vodi netopiva škrobna zrnca otalože na dno i onda se samo osuše lagano i pošlju u trgovinu.

Toliko o škrobu, kao o onom ugljikohidratu, koji nastaje kao prvi vidljivi produkt asimilacije ugljičnog dvokisa u biljkama. Kako je taj proces ne samo važan poradi toga, što se njime pretvara a n o r g a n s k i materijal u komplicirani o r g a n s k u građu, bez koje se ne bi život na Zemlji mogao ni pomisliti, nego i po tom, što se kod tog procesa sunčana svjetlena energija pohranjuje, sakuplja i sprema za sve procese života i rada na našoj Zemlji, to ćemo mi i o samoj spomenutoj asimilaciji i o produktima njenim još i posebno govoriti. Zasad treba da točno uočimo, koje zasebno mjesto među ugljikohidratima zauzimlje škrob, a onda i to, šta se u glavnom zna o njegovu kemizmu.

U nekim bilnskim skupinama nalaze se osim škroba, kao rezervni hranivi materijal, tjelesa slična škrobu, od kojih su najpoznatija i najproučenija: i n u l i n i l i h e n i n.

I n u l i n se nalazi u podzemnim dijelovima mnogih glavočika (Compositae), osobito u korijenju Inule Helenium, u gomoljima Dahliâ, vrsta Helianthus itd. Obično ga priređuju iz gomolja Dahlie. Zrnca inulina nalik su na škrob, no izgled im je više kristaličan. U glavnom se inulin razlikuje od škroba po tom, što se zrnca inulina u vrućoj vodi l a k o o t a p a j u i ne stvaraju poput škroba ljepilo, a osobito po tom, što inulin, kuhan sa razrijeđenom sumpornom kiselinom, daje kao jedini produkt hidrolize monosaharid l e v u l o z u (voćni slador). Zato i bilje, u kojem ima inulina, služi za pripremu voćnog sladora, koji nailazi uporabu u terapiji sladorne bolesti.

L i h e n i n pak dolazi u mahovinama i osobito u lišajevima, umjesto škroba. (Nijemci ga zato zovu »Moosstärke«.) I on je topljiv u vrućoj vodi, ali se iz nje ne izlučuje kao inulin u obliku sferokristala, nego u obliku hladnetine, galerte. Ni na inulin, ni na lihenin ne djeluju lako fermenti (na pr. diastaza), koji inače rastvaraju škrob na jednostavnije ugljikohidrate. Po svom kemijskom sastavu spadaju i inulin i lihenin među ugljikohidrate velikih molekula, t. zv. polisaharide formule $(C_6 H_{10} O_5) . n$.

U grupu škrobnatih tjelesa mora se ubrojiti i g l i k o g e n. To je škrobu sličan ugljikohidrat, u glavnom zastupan u ž i v o t i n j s k o m carstvu kao karakteristična građa živih organizama. Prema onom, što smo dosad spomenuli o ugljikohidratima, od monosaharida se javlja u životinjama i čovjeku g l u k o z a kao krvni i mokraćni slador, od disaharida m l i j e č n i slador, a od polisaharida g l i k o g e n, nazvan još i »jetreni škrob« (»Leberstärke«), jer su jetra onaj organ, u kojem ga najviše ima i u kojem se jamačno i stvara. No ima glikogena i u ostalim stanicama i tkivima životinjskog tijela, primjerice u mišicama, (konjsko je meso s l a t k o od njega!) u krvi itd., a osim toga se nalazi

glikogen i u bilinskom carstvu, i to u onoj skupini biljaka, što ih zovemo jednim imenom g l j i v e, a karakteristično im je svojstvo, da poput životinja ne mogu same izgrađivati organske svoje građe, nego je primaju već gotovu i samo je prema svojim potrebama prekrajaju; gljive su biljke nametnice bilo na živim bićima, bilo na uginulima (parasiti i saprofiti!)

Evo, što kao najglavnije treba zapamtiti o glikogenu s obzirom na njegovu kemijsku narav, kao o najvažnijem ugljikohidratu životinjskom:

Otkrio ga čuveni franceski fiziolog Claude B e r n a r d, a u novije vrijeme svestrano ga je proučavao znameniti njemački fiziolog Eduard P f l ü g e r. Ako bi htjeli da izvadimo čisti glikogen iz kojeg organa, na pr. iz jetara, gdje ga počesto — a to ovisi o hrani — zna biti do 10%, to ćemo prema naputku Pflügerovu najbolje ovako postupati. Jetra se sasijeku u kašu i pomiješaju sa 60% otopinom kalijeve lužine u boci, koja se onda stavi u kipuću vodu (u t. zv. vodenu kupelj) na nekoliko sati. Nakon toga se razrijedi sadržaj boce s vodom i filtrira (procijedi) preko staklene vune. Od tako dobivene tekućine uzme se stanoviti dio, na pr. 100 cc, te joj se doda 100 cc običnog alkohola od 96%. Iz tekućine se uslijed alkohola obori glikogen kao amorfni, bijeli prah, pa ga možemo sabrati na filtru, oprati alkoholom i tako imamo čisti glikogen.

Glikogen se topi u vodi. Kuhamo li ga s razrijeđenim kiselinama, on će se raspasti, hidrolizirati i to na glukozu ili grožđani slador. Zato se i drži, da se obrnuto glikogen stvara u jetrima iz glukoze ili krvnog sladora. Enzimi ga također hidroliziraju, i to neki ga pretvaraju u maltozu, no većina ga poput razrijeđenih kiselina drobi u glukozu. Želimo li dakle odrediti količinu glikogena u kojem organu, postupat ćemo onako, kako je gore prikazano, dok ne dođemo do čistog glikogena, a onda ćemo ga hidrolizom pretvoriti u glukozu (grožđani slador), koju ćemo odrediti F e h l i n g o v o m otopinom. Otopina čistog glikogena ne djeluje na Fehlingovu soluciju. Jodom će se obojadisati otopina glikogena, osobito kad je prisutno malo kuhinjske soli, c r v e n o poput vina. Formula glikogena nije pobliže poznata; zna se, kao i za sve polisaharide, da je neki umnožak od $C_6 H_{10} O_5$, zato se i piše $(C_6 H_{10} O_5) . n$. Drži se, da je ovaj *n* vrlo velik.

Stvaranje glikogena u našem i životinjskom tijelu predmetom je mnogobrojnih istraživanja, koja još nijesu uspješno dokrajčena. S tim

je naime pitanjem u vezi sladorna bolest (diabetes). Normalno služi glikogen u našem tijelu kao izvor energije (topline), koja se oslobađa polaganim sagorijevanjem glikogena djelovanjem kisika na nj. A ta energija prelazi u radnju naših mišića; jakost dakle naših mišića, kao i snaga konja i vola, kad vuku teške terete, ima jedan izvor svoj u glikogenu.

2. Kao drugu grupu polisaharida spomenuli smo: dekstrine, gume i bilinske sluzi.

D e k s t r i n i se ne nalaze u živim bićima kao stalna njihova sastojina. Oni nastaju istom pretvorbom š k r o b a kod raspadanja u slador. Tako na pr. nastaju dekstrini, kad se ugrije škrob na 200° do 210° C. Zato ih ima primjerice u kori našeg kruha, pa je ona od njih i onako slatka. No dekstrini se stvaraju iz škroba i djelovanjem kiselina i enzina. Drži se, da se stvara čitav niz dekstrina, dok se konačno ne dođe do sladora: bilo maltoze (djelovanjem diastaze), bilo glukoze (djelovanjem kiselinâ).

Teško je dekstrine međusobno odijeliti. Obično imamo posla sa smjesom dekstrina. Oni su bijeli ili žućkasto-bijeli amorfni prah, koji se u vodi lako topi. Priredimo li gustu otopinu, to ona teško teče i oteže se kao guma ili sirup. Takove se otopine i priređuju na veliko iz škroba i šalju u trgovinu kao s i r u p.

Dekstrini ne mogu direktno provreti. Ali se lako pretvaraju u slador, koji onda vrenjem prelazi u alkohol.

Iz svega toga slijedi, da su dekstrini ugljikohidrati još uvijek znatno velikih molekula, ali ne onako velikih, kaošto su molekule škroba i glikogena. Označimo li škrob i glikogen formulom $(C_6 H_{10} O_5) . n$., a dekstrine $(C_6 H_{10} O_5) \cdot x$, to treba istaknuti, da je onaj *n* veći od x; $n > x$.

Bilinske g u m e i bilinske s l u z i također su ugljikohidrati velikih molekula. One se javljaju kao prirodni produkti, bilo da se izlučuju kao amorfna, prozirna masa iz stanovitih bilinskih dijelova, bilo da se nalaze u bilinskim dijelovma, na pr. u drvu ili sjemenkama, pa se iz njih mogu izvaditi zgodnim otapalima. I tako vidimo, kako na pr. iz trešnjeva stabla curi neka ljepljiva masa, trešnjeva guma, a iz mirisne dunje i iz mesa i iz kore i sjemenaka njenih, dobit ćemo kuhanjem u vodi neku sluz, koja nam s rastaljenim sladorom služi kao jelo (»Quittenkäse«).

Kao razlika između bilinskih guma i bilinskih sluzi ističe se to, da su bilinske gume topljivije u vodi, (na pr. arapska guma) a sluzi u vodi samo nabubre.

Jedna i druga tjelesa mogu se u prisutnosti vode hidrolizirati bilo pomoću kiselinâ, bilo pomoću enzina. No dok dekstrini hidrolitičkim raspadajem stvaraju samo glukozu, to gume i sluzi daju hidrolizom uz glukozu još i druge neke sladore, i to dapače i sladore s manjim brojem ugljikovih atoma od šest. Baš u tom bi se mogla sadržavati zasebna kemijska karakteristika ovih tjelesa, a ujedno se razabira, da i sladori s manje od šest, na pr. spet ugljikovih atomâ u molekuli, stoje u vezi s prirodnom građom živih bića.

3. Napokon, kao zadnja grupa ugljikohidrata, jesu celulozne tvari. Celuloza, od koje su izgrađene stijenke bilinskih stanica, glavna građa drva, također je ugljikohidrat ili bar smjesa ugljikohidrata. No treba imati na pameti, da su samo stijenke (membrane) mladih bilinskih stanica od čiste celuloze, dok je u starijih membrana već ponešto odrvenila; to će reći, u celulozu se je uvukla nova tvar, koja se za razliku od celuloze (njem. Zellstoff) zove drvna tvar ili lignin (njem. Holzstoff). Taj pak lignin po svoj prilici nije ugljikohidrat, ali je važna sastojina drva. On je primjerice razlog, da se iz drva može dobiti drvna žesta (špirit) procesom suhe destilacije, jer čista celuloza tim procesom ne stvara drvni špirit.

Celuloza se od svih ostalih ugljikohidrata razlikuje svojom otpornošću; hladna i vruća voda, razrijeđene kiseline i lužine ne mijenjaju nju. Baš zato se iz prirodnih celuloznih tvari lako uklanja sve ono, što se je u nju uklopilo (inkrustiralo), pa se tako tehnički dobivena tjelesa, što ih zovemo platno, lan, pamuk, vata, iz celuloznih tvari dobiveni papir, sastoje gotovo iz same celuloze; švedski papir za filtrovanje (bijela bugačica) skoro je kemijski čista celuloza.

No ipak se je našlo sredstava, koja djeluju kemijski na celulozu. Polijemo li primjerice vatu ili papir za filtrovanje najprije gustom sumpornom kiselinom, a zatim je neko vrijeme kuhamo s razrijeđenom sumpornom kiselinom, to će se celuloza hidrolizirati i dobit ćemo kao konačni produkt hidrolize d-glukozu (dekstrozu ili grožđani slador). Pojava nam ta jasno govori, da je i celuloza tijelo, komu su molekule neki multiplum od $C_6H_{10}O_5$, pa zato i nju bilježimo formulom: $(C_6H_{10}O_5)$. n. No ne dobivamo kod svih vrsti celuloze jednake produkte hidrolize.

Nadalje je pronađena tekućina, u kojoj se celuloza sasvim lijepo rastapa. To je t. zv. Schweizerov reagens, amonijakalna otopina bakrenog oksida, lazurna tekućina, u kojoj se celuloza, na pr. vata, otapa zagrijavanjem. Dodamo li toj otopini koje kiseline ili soli, to će se iz nje opet oboriti celuloza, pa kad je osušimo, dobit ćemo bijeli, amorfni prah celulozin.

S obzirom na kemijsku narav celuloze treba istaknuti, da pobliže proučavanje produkata hidrolize dovodi do spoznaje, kako između celuloze i škroba ne postoji tako bliza veza, da bi se celuloza mogla smatrati samo nekim umnoškom škrobovih molekula; dok škrob kod hidrolize daje najprije maltozu, to se iz celuloze stvara t. zv. celoza, koja se istom daljnjom hidrolizom raspada na glikozu. Fakat je taj od važnosti za stvaranje celuloze u živim bićima, jer iz njega slijedi, da se celuloza ne stvara — kako se često misli — jednostavno i direktno iz škroba.

Celuloza nije samo od važnosti kao građa živih bića i to biljaka, koja im daje čvrstoću i tako omogućuje rast u ponosne visine, kud se penju visoke palme i gorostasni hrastovi, ona dolazi u obzir i kao hrana životinjska i kao prirodni produkt, koji nailazi u tehnici mnogostranu upotrebu. Treba samo spomenuti papir, pergamentni papir (ovaj se dobiva iz švedske bugačice time, što se uroni na čas u gustu sumpornu kiselinu, pa se uslijed toga na površini načini glatki sloj, koloidna modifikacija celuloze!), kolodij, celuloid, puščani pamuk, bezdimni barut, umjetnu svilu, masu za filmove itd., a to se sve fabricira iz celuloze.

C) Proteini.

Kaošto je nekad antikni Protej mijenjao najraznoličnije svoj lik, a ipak je ostao uvijek isto biće, tako se nalazi i u organizmima jedna vrst kemijske građe njihove, koja može zauzeti najrazličitije forme, ali ipak ostaje u glavnom jedna te ista vrst tvari. Zato su je i nazvali protein. No u tom je imenu sadržana i bitna oznaka ove grupe kemijskog materijala živih bića, a ta se sastoji u tom, da su tvari, nazvane proteini (grčki protos = prvi), prve i najvažnije za život na našoj Zemlji. Nema naime živog bića počevši od jednostaničnog organizma do čovjeka, koje bi moglo postojati bez tog materi-

jala; protoplazma bilinske i životinjske stanice izgrađena je u glavnom od tvari, nazvanih proteini. Hrvatski zovu proteine bjelanci ili bjelančevine, prema njemačkom »Eiweiss« i »Eiweisskörper«, koje je ime nastalo od bjelanca iz jajeta, jer je bjelance predstavnik tih tjelesa, s kojim se je kemijska nauka o tim tjelesima ponajprije i ponajviše bavila. No kako rekosmo, proteini se javljaju u najrazličitijim oblicima u svim živim bićima, kao otopljena, poluotopljena a i kao kruta tjelesa. U životinjama i u čovjeku nadmašuju proteini sve ostale organske sastojine, t. j. masti, lipoide, ugljikohidrate (ovi opet prevlađuju u biljkama!), kako se to primjerice razabire iz postotnog sastava čovječjeg tijela, kako ga je utvrdio još holandeski fiziolog Moleschott. U čovječjem tijelu ima naime:

Vode	67·6 %
Soli	9·2 %
Proteinâ	15·2 %
Tvari, nastalih iz proteinâ	4·9 %
Masti	2·5 %
Tvari, koje se mogu ekstrahirati	0·6 %
	100·0 %

Proteini ne izgrađuju samo protoplazmu stanicâ, njih ima i u tekućim i u krutim tkivima i produktima staničnim, tako na pr. u krvi, u mlijeku, u mesu, u vlasima, u kostima, u rogovima i noktima. Svila, u koju se zapreda svilena buba, »morske vlasi« (byssus), što ih vidimo na mnogim školjkama, spadaju među proteine isto tako, kao i bjelance jajetovo ili bijela i hraniva tvar, što se kao sir izlučuje iz mlijeka.

Ako je tako, t. j. ako u tu grupu kemijske građe organizama spadaju tvari različne, to je onda osobito važno pitanje, s kojim nam se ponajprije zabaviti: po čemu se poznaju proteini, šta ih karakteriše spram ostale anorganske i organske kemijske građe živih bića?

Proteini se sastoje od ovih elemenata: ugljika, vodika, dušika, kisika i sumpora. Osim ovih elemenata nalaze se u nekojima još fosfor i željezo; na pr. crvena boja naše krvi, za koju smo čuli, da se zove hemoglobin, ima u sebi željeza. Količine spomenutih elemenata kreću se u najrazličitijim proteinima u prilično stalnim granicama. Tako ima u proteinima obično:

50	do	55 %	ugljika (C)
6·5	„	7·5 %	vodika (H)
15	„	18 %	dušika (N)
19	„	24 %	kisika (V)
0·3	„	2·5 %	sumpora (S)
0·0	„	1·0 %	fosfora (P)
0·0	„	0·5 %	željeza (Fe)

Proteini se dakle razlikuju od masti i ugljikohidrata ponajprije tim, što imaju u sebi znatnu količinu dušika. Dušik je uopće karakterističan elemenat za proteine. Ali ima dušika i u nekim lipoidima, odnosno u fosfatidima, ali ih nema u svima. U njima nije dušik bitni i redovni sastavni dio, kao u proteinima.

Spomenuti elementi udružili su se u proteinima u vrlo velike molekule, tako velike i komplicirane, da ih još danas nije pošlo za rukom umjetno načiniti onako, kako se mogu načiniti masti i jednostavni ugljikohidrati (sladori). Po tom svojstvu nalikuju proteini na polisaharide, na pr. na škrob, glikogen i celulozu, jer ti se ugljikohidrati također odlikuju vrlo velikim molekulama, koje do danas još nisu umjetno načinjene. Ali proteini ih jamačno znatno nadvisuju veličinom svojih molekula. Molekularna težina njihova dakako nije određena i poznata, ali se iz količine sumpora i željeza može donekle izračunati. Tako je na pr. molekularna težina onog proteina, koji ima u sebi 1% sumpora, pa se drži, da se nalazi u molekuli samo jedan atom sumpora, izračunana najmanje na 3200. Ali to je najmanja moguća molekula, a prava je molekularna težina jamačno umnožak toga broja. Isto se je tako iz količine željeza u hemoglobinu izračunalo, da bi u onom slučaju, kad se u molekuli hemoglobina nalazi samo jedan atom željeza (Fe), molekularna težina hemoglobina konjske krvi bila 16.699, a formula bi mu se morala pisati: $C_{758} H_{1203} N_{195} O_{218} S_3 Fe$. Malo neobična formula i po broju atoma daleko od formule, a prema tomu i od molekularne težine tjelesâ, kakova su na pr. voda ($H_2O = 18$), kuhinjska sol ($NaCl = 58.5$), pa i slador (na pr. saharoza $= C_{12} H_{22} O_{11} = 342$) i mast (na pr. tristearin $= C_{57} H_{145} O_6 = 925$]. Ali dakako, formula i molekularne težine hemoglobina i ostalih proteina nagađa se samo, dok su formule i molekularne težine spomenutih anorganskih i organskih spojeva, t. j. vode, soli, sladora i masti, sigurno uglavljene, jer se ti spojevi mogu lako i umjetno načiniti. Umjetna pak sniteza proteina nije još do danas pošla za rukom.

Iz toga, što su molekule proteinskih tjelesa vrlo velike, slijede onda i druga njihova svojstva. Rekli smo, da su u organizmima nalaze proteini u otopljenu i u krutom stanju. No budući da su molekule pro-

teinâ vrlo velike, to se i njihove otopine ne vladaju kao obične, prave ili t. zv. molekularne otopine, nego kao t. zv. koloidne otopine. To će reći, nalazi li se na pr. u krvi ili mlijeku proteinâ u otopljenom stanju, to oni ne plivaju po vodi u obliku jednostavnih i slobodnih molekula, nego kao neke nakupine molekulâ, kao relativno velike čestice, koje se onda lako izlučuju iz vodene otopine. Zato se tekućine, u kojima ima proteinâ, tako lako zgrušaju i usire, bilo kad ih zagrijemo, bilo kad im dodama otopine koje soli ili alkohola. A to se onda svojstvo upotrebljava za izlučivanje i za određivanje proteinâ u raznim tekućinama.

U drugu ruku slijedi iz toga, što su molekule proteina vrlo velike, da se one mogu raznim agensima razgrađivati i drobiti u jednostavnija tjelesa, u jednostavnije organske spojeve, za koje se onda drži, da izgrađuju proteine. I doista! Kašto je pošlo za rukom masti i ugljikohidrate, (o tom je već bilo govora!) razdrobiti na jednostavnije organske spojeve, a to su glicerin, masne kiseline i onda kod ugljikohidrata ponajčešće dekstroza, tako su kemici i najraznoličnije proteine procesom hidrolize nastojali razgraditi u opeke, iz kojih su, da se tako rekne, sazidani proteini. Ali dok se rastvaranjem masti i ugljikohidrata dobiva samo maleni broj (jedna ili dvije) raznih sastojina, koje po svojoj količini odgovaraju točno razdrobljenoj količini dotične masti ili ugljikohidrata, to rastvaranje proteina dovodi ponajprije do čitavog niza raznih organskih spojeva, a osim toga je do danas samo u rijetkim slučajevima pošlo za rukom provesti hidrolizu proteinâ tako, da bi raspadajni produkti sačinjavali po svojoj količini cjelokupni kvantum dotičnog proteina, koji je podvrgnut procesu hidrolize. Obično sačinjavaju raspadajni produkti 50 do najviše 75% prvotnog proteina. To će reći, proces hidrolize ne dovodi nas još danas posve sigurno do spoznaje, od kakovih je sve opeka izgrađena molekula dotičnog proteina, iako najodličniji istraživaoci na tom području misle, da su danas u glavnom izlučene iz proteinâ sve najvažnije sastojine.[1]

[1] U Njemačkoj se govori o autoritetima na tom području, o „Eiweissautoritetima", a to su istraživaoci, koji su stekli osobitih zasluga kod tih teških istraživanja, kao n. pr. E. Fischer, Kossel, Abderhalden. Engleski „Eiweissautoriteti" bili bi opet: Plimmer, Mann, Th. B. Osborne i t. d. U najnovije vrijeme radi intenzivno na tom području E. Abderhalden, pa zaslužuju osobitu pažnju i njegovi naučni rezultati i njegove biokemijske publikacije: „Neuere Ergebnisse der Eiweisskemie".

A šta su te sastojine, na koje se raspadaju najvažnija i najkompliciranija organska kemijska tjelesa na našoj Zemlji? Sve se one mogu svrstati u jednu grupu organskih spojeva, što ih zovemo aminokiselina. To su organske kiseline, koje imaju u svojim molekulama jednu ili više t. zv. aminoskupina. Na pr. jedna je od najobičnijih organskih kiselina octena kiselina. Njena je formula $C_2 H_4 O_2$, koja se može i tako napisati, da se vidi bolje unutarnja građa i međusobni vez pojedinih atoma u molekuli, naime: $CH_3 . COOH$. I sada, zamijeni li se jedan od ova tri vodika u toj kiselini, što se nalaze u skupini CH_3 sa skupinom, koja se sastoji od jednog atoma dušika (N) i dvaju atoma vodika (H_2) dakle NH_2, a zove se aminoskupina, to će nastati: $CH_2 . NH_2 . COOH$. Takovo je tijelo također kiselina, ali poradi skupine NH_2 zove se aminokiselina i to baš ova: aminooctena kiselina ili glikokol. Raspadajni su dakle produkti proteinâ glikokol i njemu srodne, kompliciranije građene aminokiseline. Opravdano se zato drži, da su proteini, kakovi se javljaju u prirodi, također izgrađeni od velikog broja najraznoličnijih aminokiselina. Drži se tako i zato, jer se prirodni proteini poznaju po stanovitim reakcijama, na pr. po tom, da se razno bojadišu nekim kemikalijama, a te su reakcije karakteristične za stanovite aminokiseline i njihove komplekse, dobivene hidrolizom prirodnih proteinâ. Mora dakle da se te aminokiseline i njihovi kompleksi nalaze i u molekulama samih proteina i da su nosioci bitnih svojstava njihovih.

Iz svega ovoga, što smo dosad spomenuli o proteinima, možemo ovako definirati proteine kao zasebnu veliku i važnu skupinu kemijskog materijala živih bića: Proteini ili bjelanci organski su dušikovi spojevi vrlo velikih molekula, koloidnih svojstava, a izgrađeni poglavito od aminokiselinâ. Baš te aminokiseline sadržavaju za proteine karakteristične elemente i skupine. (E. Aderhalden.)

Kako su pak svojstva pojedinih proteina i uloga njihova u živim bićima najrajličitija, jer oni nastupaju sad kao građa protoplazme

Gustav Fischer. Jena. 1909. „Lehrbuch der physiologischen Chemie". Urban & Schwarzenberg. Berlin. 1914. „Biochemisches Handlexikon". J. Springer, 1911. „Handbuch der biochemischen Arbeitswethoden". Urban & Schwarzenberg. Berlin und Wien. 1910. U tim su djelima sakupljeni rezultati i metode rada osobito na području kemije proteinâ, a sačinjavaju već cijelu malu biblioteku od nekih 25 omašnih svezaka.

stanicâ, sad kao hrana, sad opet kao vanjska zaštita (dlake, rogovi) živih bića, to spomenuta kemijska definicija ne obuhvata cjelokupne njihove protejske naravi. No ona sadrži u sebi ono, po čem se proteini razaznavaju od ostale kemijske građe živih bića i po čemu ćemo poznati, da li je koja sastojina živih bića protein ili nije, bez obzira na njezin vanjski lik i ulogu u biljci ili životinji.

Pristupit ćemo sada k tomu, da malo pobliže prikažemo razdiobu, svojstva i kemijsku građu prirodnih proteina — u koliko su nam dakako sve te stvari danas poznate — i onda onih prirodnih i umjetnih tjelesa, što ih kemija proučava u vezi s proteinima.

a) Svojstva i razdioba proteinâ.

Već sam fakat, da primjerice u našem tijelu nema ni organa ni tkiva, u kojem ne bi bilo proteinâ, govori jasno, da mora biti vrlo mnogo različnih proteina. Ali je fatalno to, što kemija danas, nakon sto i višegodišnjeg nastojanja oko toga, da iz bilinskog ili životinjskog organizma izluči stanovito bjelančasto tijelo u potpuno čistom stanju, mora priznati, da joj to još nije pošlo potpuno za rukom. Mi danas još ne možemo za nijedan od proteinâ, izlučenih primjerice iz krvi, mlijeka ili mesa, reći sigurno, da li imamo pred sobom jedinstveni kemijski individuum, onako, kako to smijemo kazati za masti, mnoge lipoide i ugljikohidrate. Istina, pronađene su dapače i metode, kako ćemo prirediti protein, sadržan u bjelanjku, ili protein, nazvan hemoglobin u crvenim krvnim tjelešcima i u uleđenom ili kristalnom obliku. Ali pobliža kritika postepenog postupka, kako dolazimo do takovih na oko jedinstvenih lečića, dovodi nas do zaključka, da nipošto još nijesmo sigurni, nemamo li pred sobom uleđene ne samo različite proteine, koji se samo jednako lede, (takova se tjelesa u mineralogiji zovu izomorfna!), nego dapače, da se u tim lečićima mogu nalaziti i tvari, koje uopće nijesu proteinske naravi, a pomiješane su samo i adsorbirane uz velike proteinske molekule.

Zašto je tako?

Glavni je razlog taj, što su pojedini proteini izmed sebe vrlo slični. A onda taj, što se proteini djelovanjem zraka (kisika), enzima i kemikalija lako i brzo mijenjaju i tako nijesmo nikad sigurni, da li je proteinska tvar, što smo je stanovitim procesom oslobodili iz živog organizma, upravo takova bila i u živom organizmu. Poradi svega toga ne raspolaže kemija reakcijama, koje bi se protezale i bile karakteristične za pojedine proteine, nego ima čitav niz znakova, po kojima možemo saznati, da li je koje tijelo uopće proteinske naravi i u koju glavnu skupinu proteinskih tjelesâ spada.

Ti se znakovi, ili kako se obično kaže, reakcije, što ih daju bjelanci, mogu zgodno podijeliti u dvije skupine. U prvu spadaju sredstva i procesi, kojima se bjelanci (proteini) iz svojih otopina obaraju, a u drugu sredstva i procesi, kojima se proteini karakteristično bojadišu.

Tako se na pr. proteini obaraju iz svojih otopina:

1. Pomoću otopina stanovitih soli, na pr. pomoću kuhinjske soli, magnezijeva sulfata ili amonijeva sulfata, i to razne jakosti. Pojava se ta zove isoljenje (»Aussalzen«) proteinâ, pa se njime mogu odijeliti proteini jedne grupe od drugih zato, jer se iz otopine, koja sadržava u sebi razne proteine, na pr. iz seruma naše krvi, obara prema jakosti (koncentraciji) upotrebljene solne otopine najprije stanovita grupa proteina, a druga ostaje i nadalje u serumu.

2. Pomoću alkohola. Ako otopini, koja sadržaje proteinâ, dodajemo postepeno običnog alkohola (špirita), to će se proteini najprije obarati, a kad bude koncentracija alkohola u otopini dosta velika, oni će se koagulirati (zgrušati). To će reći, oni će se kemijski donekle promijeniti, jer koagulirani bjelanjak ne vraća se više natrag u otopljeno stanje, ako mu dodamo vode, u kojoj je prije bio sasvim lijepo topljiv. Naprotiv, pomoću soli ili pomoću slabe otopine špirita može se samo oboreni bjelanjak opet otopiti u vodi i mi velimo, da je taj proces reverzibilan ili obrtljiv, t. j. bjelanjak prelazi iz oborenog stanja (»gel«) u otopljeno (»sol«) i obrnuto.

3. Zagrijevanjem tekućine, u kojoj ima proteinâ, također se oni koaguliraju. Za pojedine grupe proteina utvrđena je temperaturna granica, kod koje nastaje kaogulacija. Temperature te leže između 50^0 i 80^0 C.

4. Isto tako koaguliraju proteini iz svojih otopina pomoću jakih mineralnih kiselina, osobito pomoću dušične kiseline (HNO_3).

5. Pomoću otopina soli, t. zv. teških kovina, na pr. pomoću otopine bakrenog sulfata (modre galice), željeznog klorida, ili pomoću otopine

sublimata (živinog klorida) obaraju se također proteini. Proteini igraju kod toga ulogu slabih kiselina, koje s dotičnim kovinama, t. j. bakrom, željezom i živom (iz sublimata) stvaraju u vodi netopljive soli.

6. Napokon i pomoću slabih kiselinâ, kaošto su osobito trijeslova kiselina, pikrinska, fosfornovolframska itd. Ove se kiseline nazivaju obično alkaloidske reagencije, jer obaraju alkaloide iz njihovih otopina. Budući da ove slabe kiseline obaraju i proteine, to se je stvorio zaključak, da se opet u tim slučajevima proteini moraju vladati kao lužine ili baze. Oni su dakle prema prilikama sad slabe kiseline, a sad opet slabe baze (lužine), pa se kaže, da u tom pogledu proteini imaju anfoterni kemijski karakter.

Nadalje su najvažnije reakcije proteinâ, kod kojih se očituje promjena boje:

1. Biuretska reakcija. Ona se sastoji u tom, što se otopina proteina bojadiše ljubičasto, ako joj se doda nešto kalijeve lužine i razrijeđene otopine modre galice.

2. Reakcija pomoću Millonova reagensa. Taj se reagens priređuje tako, da se 1 dio žive rastopi u 2 dijela koncentrirane dušične kiseline (HNO_3), koja ima u sebi nešto dušičnate kiseline (HNO_2), pa se ta rastopina razrijedi s dva puta toliko vode. Zagrijevamo li sada otopinu proteinâ s tako priređenim reagensom, to će se iz te otopine koagulirati proteini u obliku pahuljica, koje su crvene poput ruže.

3. Ksantoproteinska reakcija. Dodamo li k otopini proteina koncentrovane, bezbojne dušične kiseline, to će ta otopina požutjeti i zagrijevanjem postati sve intenzivnije žuta, dok ne prijeđe u narančastu boju.

4. Adamkievićeva reakcija. Rastopimo li bjelančastu tvar u t. zv. ledenom octu, t. j. u octenoj rastopini od najmanje 96% jakosti, pa dodamo polagano toj rastopini koncentrovane sumporne kiseline (H_2SO_4), to će se rastopina proteina obojadisati ljubičasto.

Ima još mnogo ovakovih reakcija, pomoću kojih se proteini bilo obaraju iz otopina, bilo opet nastaju razne karakteristične boje. Pobliže proučavanje takovih reakcija dovelo je do zaključka, da sve te reakcije nijesu specifično proteinske. One nastaju (na pr. obaranje) u jednu ruku zato, što su otopine proteina koloidne naravi, a u drugu ruku, bojadišu se proteini u doticaju sa stanovitim kemikalijama samo zato, jer imaju u svojim molekulama stanovite sastojine i

stanovite atomske skupine. Za svaku od spomenutih reakcijâ, koja je praćena promjenom boje, može nam se lako pokazati, da ju stvaraju i druga, jednostavnije građena tjelesa od proteinâ, i to zato, jer se u njima nalazi stanovita atomska skupina, koja je razlog toj promjeni boje. Tako na pr. daje reakciju s Millonovim reagensom i fenol (karbolna kiselina = $C_6H_5.OH$), dakle sasvim jednostavan organski spoj, ali i drugi komplicirani, u kojima se nalazi atomska nakupina $C_6H_5.OH$, na pr. tirozin, jedna aminokiselina, koja ima u sebi atomsku grupu



Sl. 18. *Esbachova* **cijev.**

kao i fenol: C_6H_5OH. Budući pak da se tirozin nalazi među raspadajnim produktima proteinâ, to se zaključuje odatle, da reakciju s Millonovim reagensom daju proteini zato, jer imaju u sebi kao sastavni dio tirozin. Isto se je tako dokazalo i za druge reakcije, da one nastaju kod proteinâ samo zato, jer se u njima nalaze stanovite sastojine, a ne zato, jer molekule proteina, kao cjelina za sebe, dolaze u doticaj sa stanovitim kemikalijama.

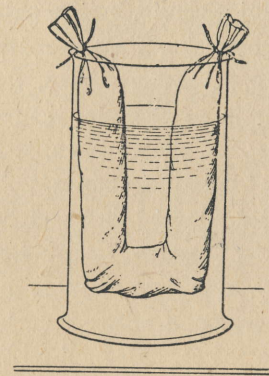
Jedne i druge gore spomenute reakcije proteinâ upotrebljene su za dokazivanje proteina u raznim fiziološkim i patološkim tekućinama.

Tako se na pr. samo u patološkim slučajevima pokazuju proteini u mokraći. Zato se vrlo često pretražuje, da li i koliko proteinâ sadržava u sebi mokraća bolesnog čovjeka. U tu se svrhu primjerice postupa ovako: U posebno graduiranu cijev (Esbachovu cijev, vidi sliku 18.) nalije se do znaka U mokraće, a dalje do znaka R Esbachova reagensa. Esbachov je reagens smjesa 2% vodene otopine četrunove i 1% otopine pikrinske kiseline; dakle slabih onih kiselina, o kojima smo gore spomenuli, da obaraju proteine iz njihovih otopina. Po tom se Esbachova cijev začepi, tekućina se u njoj promućka i ostavi da stoji vertikalno 24 sata. Ima li u mokraći proteinâ, oni će se oboriti, a iz količine taloga možemo po zarezima na Esbachovoj cijevi saznati približno i koliko je postotaka proteina otopljeno u istraživanom urinu; svaki naznačeni cijeli broj na cijevi iznosi $^1/_{10}$%, t. j. ako je primjerice bilo taloga do zareza, uz koji piše 4, onda ima u urinu 0.4% proteinâ. Osim ovog približno točnog postupka ima još čitavi niz metoda, koje se osnivaju na spomenutim reakcijama, a njima se možemo točno uvjeriti o prisutnosti i količini proteinâ u tekućini, i o tom, da li je koja tvar proteinske naravi ili nije.

Kako je vrlo teško i gotovo nemoguće dobiti neke proteine u posve čistom stanju, a isto se tako još ni danas ne zna točna kemijska građa pojedinih proteina, to je jasno, da se ne može provesti ni prava i potpuna kemijska klasifikacija proteinâ. Zato se razdioba proteinâ osniva danas poglavito na razlikama u topivosti, sposobnosti obaranja stanovitim reagencijama, na temperaturnim razlikama za koagulaciju i drugim finesama kod proteinskih reakcija. Na taj način možemo proteine, što su u kojem organu ili tkivu, na pr. u mesu (mišičju), krvi, mlijeku itd., podijeliti u nekoliko skupina. No jamačno se u svakoj takovoj skupini nalazi čitav niz srodnih proteinâ, koje danas ne možemo pobliže karakterizirati, nego samo označujemo porijeklo, iz kojega dotična proteinska skupina potječe, na pr. iz jaja, mlijeka itd. Poradi svega toga naći će se gotovo kod svakoga istraživaoca drugojačija razdioba bjelanjčastih tjelesa. Prema sadanjem stanju nauke o tim tjelesima razlikuje većina istraživalaca ponajprije dvije glavne skupine svih bjelanjčastih tvari. To su proteini i proteidi. Proteini bili bi svi jednostavni bjelanjci (protein = »Eiweiss«), a proteidi spojevi jednostavnih bjelanjaka s drugim materijalom u živim bićima, na pr. sa sladorima; proteidi = »Eiweissverbindungen«. (E. Abderhalden.)

Najvažnije skupine proteinâ jesu:

1. Albumini. Vrlo su rašireni u biljkama i životinjama. Odlikuju se tim, što se tope u vodi i u razrijeđenim otopinama soli, kiselinâ i lužinâ. Vodene njihove otopine nijesu ni kiseline, ni baze; zato kažemo, da su neutralne. Hidrolizom stvaraju aminokiseline, kao i sva bjelanjčasta tjelesa, ali je zanimljivo, da među tim aminokiselinama nema glikokola, što smo ga upoznali kao aminooctenu i najjednostavniju aminokiselinu. Prema porijeklu govorimo kod životinjskih albumima o krvnim albuminima, a to su plasmaalbumin i serumalbumin, zatim o mliječnim albuminima, mišićnim albuminima, jajnim albuminima itd. U biljkama opet znamo albumine iz ječma,



Sl. 19. Dializator.

pšenice (leukosin), iz ricinusove sjemenke (ricin), iz graška, leće (legumelin) itd.

2. Globulini. To su pratioci albumina, pa zato se nalaze svagdje, gdje smo spomenuli da ima albuminâ, i to obično u znatnijoj količini i u više oblika, nego li albumini. Zato spadaju globulini među najraširenije proteine uopće. A kako ćemo ih raspoznati i odijeliti od albumina? Globulini se ne tope u čistoj vodi i u razrijeđenim kiselinama. Ali se tope u razrijeđenim lužinama, a što je osobito zanimljivo, u razrijeđenim otopinama neutralnih soli. Imajući to na umu, mi ćemo naći način, kako bi odijelili globuline i albumine. Na pr. krvni serum ima u sebi otopljene jedne i druge, jer se u serumu nalaze uz otopljene proteine još i otopljene neutralne soli, poglavito oko 0.9% kuhinjske soli, a te soli drže u otopini i globuline. Sta-

vimo li zato u cijev od pergamenta (vidi sl. 19.) krvni serum, pa ju na oba kraja zavežemo i uronimo pod č i s t u vodu, to će s o l i iz seruma otići kroz pore pergamenta u vodu (proces se taj zove dializa!), a uslijed toga će se globulini iz seruma u cijevi oboriti kao kruto tijelo, pa ih možemo filtrovanjem odijeliti od još uvijek otopljenih albumina. Postoje još i druga sredstva, kojima se globulini mogu odijeliti iz smjese proteinâ, kakova nastupa u organima i tkivima bilinskim i životinjskim, u prirodnom stanju njihovu. Tako dobivamo globuline seruma, jaja, mlijeka itd. Nekoji od njih imaju i posebna imena, na pr. m i o z i n i m i o g e n zovu se globulini mišićâ, l e n t o g l o b u l i n globulin iz leće, t i r e o g l o b u l i n iz žlijezde gušterače (glandula thyreoidea), f i b r i n o g e n zove se onaj globulin, koji se nalazi u krvi i stvara, kad se krv zgruša, novu vrst proteinsku, tijelo poznato pod imenom f i b r i n. U krvi su dakle, dok teče po našim žilama, dva globulina: serumski globulin i fibrinogen. Nadalje su globulini rašireni u bilinskim sjemenkama i imaju razna imena, već prema tomu, iz koje biljke potječu, na pr. l e g u m i n (iz graška i nekih leguminozâ), f a z e o l i n (iz graha), k o r i l i n (iz lješnjaka) itd. Budući da su globulini najrašireniji proteini bilinskog i životinjskog carstva, to dakako o njima osobito ovisi i h r a n i v o s t onih stvari, koje nam služe za hranu. O tom će biti još posebna govora. Zasad moramo, s obzirom na kemijsku karakteristiku globulina, spomenuti samo još to, da se oni po svojoj kemijskoj naravi vladaju kao slabe k i s e l i n e.

3. P r o l a m i n i. Tim je imenom nazvao Thomas B. O s b o r n e proteine, koji se od svih ostalih razlikuju po tom, što se o t a p a j u u a l k o h o l u. Takovi su proteini nađeni dosad s a m o u biljkama i to poglavito u plodovima žitaricâ, na pr. u pšenici, ječmu i kukuruzu. Iz pšeničnog brašna dobiveni prolamin zove se g l i a d i n i otapa se u 60—80% špiritu. Prolamin iz kukuruznog brašna zove se z e i n (kukuruza = Zea mais).

4. M u c i n i. Odlikuju se ponajprije tim, što se nalaze u prirodi, poglavito u raznim tjelesnim sokovima u p o l u t e k u ć e m stanju. Oni su razlog, da su ti sokovi sluzavi i da se otežu kao niti, a ne teku žitko kao voda. Ima ih najrazličitijih vrsti, no vrlo ih je teško odjeljivati i čistiti, zato se i karakterizuju i nazivaju prema organu i tjelesnoj tekućini, u kojoj se nalaze. Tako govorimo o mucinu iz s l i n e, ž u č i, ž e l u č a n o g s o k a itd. Mucini su osobito rašireni kod p u ž e v a. S obzirom na svoj kemijski sastav odlikuju se mucini tim, što imaju u svojim molekulama uz ostale proteinske sastojine tijelo, nazvano g l u k o z a m i n. Već otprije znamo, da je glukoza slador, koji se zove i dekstroza: $C_6 H_{12} O_6$, a glukozamin će zato biti takova glukoza, u kojoj se nalazi još i aminoskupina (NH_2), i to na mjestu jedne hidroksilne skupine (OH) iz glukoze. Dakle: $C_6 H_{11} O_5 . NH_2$ je glukozamin.

5. M u k o i d i. Nalik su na mucine po tom, što i oni imaju u sebi glukozamina. Nalaze se ponajviše u drhtaliničastim i hialinim, dakle više čvrstim, nego li tekućim sastojinama živih bića, na pr. u ptičjim jajima (o v o m u k o i d), u t. zv. staklastom tijelu, što ispunja naše oko (h i a l o m u k o i d), u hrskavicama (h o n d r o m u k o i d) itd. Razlikuju se pak od mucina poglavito tim, što ih kiseline ne obaraju.

6. H i s t o n i i p r o t a m i n i. Istraživanjem ovih proteinâ bavio se je mnogo fiziološki kemik A. K o s s e l, pa je za uspjehe na tom području dobio i Nobelovu nagradu. Po svojim svojstvima i po svom kemijskom sastavu zauzimlju histoni i protamini p o s e b n o m j e s t o među proteinima. Jedni se i drugi vladaju u kemijskom pogledu kao b a z e. Nadalje, obje ove grupe proteinâ na javljaju se u prirodi same za sebe, nego s p o j e n e s drugim proteinima i organskim spojevima k i s e l i n s k e naravi, na pr. s nukleinskom kiselinom. Zato bi ih zapravo morali ubrojiti među proteide, ili opet među t. zv. p o l i p r o t e i n e, što bi prema prijedlogu E. A b d e r h a l d e n a značilo, da su to spojevi od više različnih proteina.

Kossel i njegovi učenici izvadili su histone i protamine poglavito iz riblje sperme (mužjačkog sjemena, mliječi) i iz ribljih jajišta (ikre), pa se oni i nazivaju prema ribljoj vrsti, od koje su dobiveni. Tako se na pr. zove protamin iz lososa s a l m i n, iz haringe k l u p e i n, iz šarana c i p r i n itd. I iz čovječje sperme (sjemena) dobiven je protein protaminske naravi. U kemijskom pogledu odlikuju se histoni i protamini još i time, što raspadanjem stvaraju većinom t. zv. d i a m i n o k i s e l i n e, to će reći, organske kiseline, koje imaju u svojim molekulama d v i j e aminoskupine.

7. A l b u m i n o i d i. Skupina proteinâ, što ih običavaju nazivati ovim imenom, može se najbolje karakterizovati po svojoj zadaći u živim bićima. To su proteini, koji vrše u ž i v o t i n j s k o m tijelu m e h a n i č k u zadaću, t. j. služe kao mehanička građa i zaštita ostalih nježnijih organa i tkiva u organizmu. Zato su albuminoidi gotovo uvijek u k r u t o m stanju, a često su pomiješani s a n o r g a n s k i m materija-

lom, koji također služi u živim bićima za skelete, kućice, školjke i druge tvorevine, koje obavljaju u tijelu samo mehaničku funkciju. U kemijskom se pak pogledu odlikuju albuminoidi poglavito tim, što raspadanjem stvaraju gotovo samo m o n o a m i n o k i s e l i n e, t. j. organske kiseline samo s jednom aminoskupinom, kakova je na pr. glikokol. Od albuminoidâ spomenut ćemo najprije one, koji dolaze kod beskralješnjaka (evertebrata), t. j. kod životinja, koje nemaju kralješnice. Amo spadaju primjerice s p o n g i n, bjelanjčasto tijelo, iz kojeg spužve grade svoj skelet, g o r g o n i n, iz kojeg se sastoji osni skelet koralja, k o n h i o l i n je osnovna organska tvar (kućica) školjki, s v i l a, u koju se zakukuljuju mnogi leptiri, dapače i p a u č i n a bjelanjčasta je tvar, koju ubrajaju među albuminoide. Ali i u tijelu kralješnjačkom ima albuminoida. To su osobito razne vrsti k e r a t i n a, od kojih su izgrađeni gornji slojevi životinjske i čovječje kože i njihove tvorevine, kaošto su na pr. vlasi, perje, nokti, kopita, rogovi, oklopi kornjačini, nosorogov rog itd. I u jajinim lupinama raznih kralješnjaka, na pr. kornjače, pticâ (o v o k e r a t i n), nalaze se albuminoidi, odnosno keratini. Među albuminoide spadaju i vrlo raširena bjelanjčasta tjelesa, što se zovu naučnim imenima k o l a g e n i g l u t i n. Od kolagena je naime izgrađena glavna masa vezivninskog tkiva, a nalazi se i u tetivama, suhožilnicima, fascijama, hrskavici i kostima, nadalje u ribljim ljuskama. Kuhanjem u vodi otapa se kolagen i prelazi u glutin. To nije ništa drugo nego ono, što se obično zove g e l a t i n a (hladnetina, drhtalica, pitija, lŭĉênje), a dobiva se iskuhavanjem hrskavice, kože i kostiju. Glutin se stine kod niže temperature, ali već kod neko + 30° C prelazi u tekuće, odnosno polutekuće stanje.

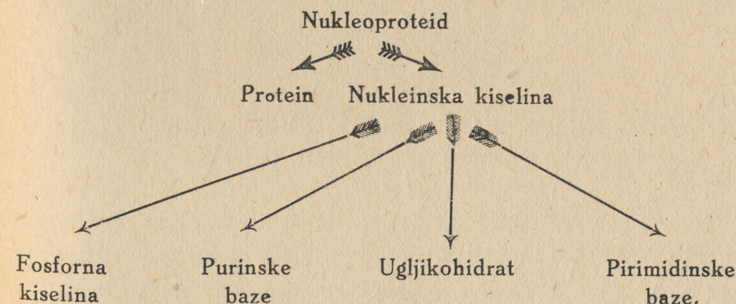
Iz svega ovoga razbiramo, da su u obliku albuminoida pohranjene u prirodi upravo s i l n e količine proteinâ. Nažalost, probavljivost i prema tomu hranljiva vrijednost njihova zaostaje poradi njihove netopljivosti i kemijske stalnosti za ostalim već spomenutim grupama proteina!

Toliko o proteinima. Rekli smo, da se nadalje pod p r o t e i d i m a razumijevaju spojevi proteina s drugim sastojinama živih bićâ, ali i spojevi proteina s proteinima, koji nastupaju kao samostalna građa živih bića. Ovi bi se potonji mogli zato nazvati p o l i p r o t e i n i m a.

Proteide dijele obično u d v i j e glavne skupine.

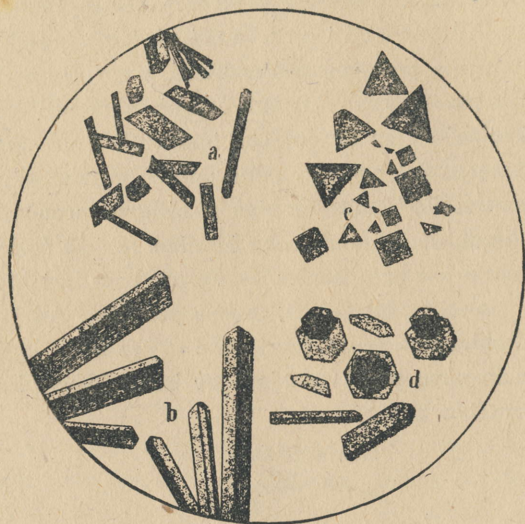
1. N u k l e o p r o t e i d i. Nucleus se zove stanična jezgra, što je nalazimo kao važnu sastojinu mnogih, osobito ras-

plodnih stanica. U muškom sjemenu ili spermatozoima ispunja stanično zrno gotovo cijelu stanicu, dok je kod većine drugih bilinskih i životinjskih stanica nucleus samo malena uklopina, maleno zrnce u njihovoj protoplazmi. (Vidi sliku 1.) Nukleoproteidi zovu se oni bjelanjčasti spojevi, o kojima se drži, da izgrađuju osobito staničnu jezgru. Zato su ih i priredili najobilnije iz ribljih spermalozoa. No otkriveni su nukleoproteidi i drugdje, na pr. u ptičjim krvnim tjelešcima, u krvnom serumu, u jajima, u mozgu, u jetrima, u bubrezima itd., dapače i u biljkama, na pr. u kvasnim gljivicama. Što se tiče kemijskog sastava tih važnih nukleoproteida, to se drži, da su građeni većinom iz proteinâ, nazvanih h i s t o n i i p r o t a m i n i, i iz druge jedne komponente, koja više nema proteinskog karaktera, a zovu je n u k l e i n s k a k i s e l i n a. Glavna svojstva histonâ i protaminâ već smo istaknuli. Nukleinske kiseline — jer ih jamačno ima više, a ne samo jedna jedina — proučene su još prilično slabo unatoč svemu maru, što je od Liebigovih vremena do danas utrošen u njihovo proučavanje. Iz tih proučavanja slijedi, da su nukleinske kiseline spojevi fosforne kiseline sa t. zv. purinskim bazama, kaošto su na pr. ksantin i hipoksantin (o p u r i n s k i m tjelesima bit će još kasnije govora!). Ali je u mnogima nađena i ugljikohidratna grupa i još neke druge baze, koje se za razliku od purinskih zovu p i r i m i d i n s k e baze. Shema kemijskog sastava nukleoproteida bila bi ova:



Kako se iz svega ovoga razbira, molekule su nukleoproteidâ vrlo komplicirana sastava. To nije ni čudo, ako uočimo, da su od tih tjelesa izgrađene stanične jezgre spermatozoa, a znamo, da j e d a n j e d i n i s p e r m a t o z o j, što ga jedva i najboljim mikroskopom razbiramo, prenosi tjelesna i duševna svojstva od oca na sina. Kako onda mora da je vanredno kemijski građena molekula one tvari, koja ima u sebi tu veliku moć i tu veliku zadaću!

2. S p o j e v i p r o t e i n a s b o j a d i s a n i m t j e l e s i m a. Ovamo ubrajaju proteide, koji su nastali tako, da su se stanoviti proteini udružili u stalne spojeve s nekim tvarima, koje su razlogom, da je cijeli taj spoj b o j a d i s a n. Najbolje proučeni predstavnik ove skupine je h e m o g l o b i n, crvena boja krvi, no amo idu i bilinske boje, što ih zovu f i k o e r i t r i n i f i k o c i j a n. Spomenuli smo već za hemoglobin, da je to bjelanjčasto tijelo vrlo velikih molekula, koje se može izvaditi iz krvi raznih životinja i u uleđenom obliku (vidi sliku 20.). Hemoglobin natapa protoplazmu crvenih krvnih tjelešaca ili eri-



Sl. 20. Kristali hemoglobina iz krvi nekih životinja; *a*) čovjek, *b*) mačka, *c*) zamorče, *d*) vjeverica.

trocitâ. Što se tiče kemijskog sastava njegova, to se hemoglobin može razlučiti na dvije sastojine: bjelanjčasto tijelo posebne vrste, nazvano g l o b i n, i na jedan organski željezni spoj velike molekule, nazvan h e m a t i n. Globin ubrajaju neki među histone, jer hidrolitičkim raspadajem stvara slične aminokisline kao i histoni. H e m a t i n je pako bojadisano tijelo (kisela je otopina s m e đ a, a alkalična c r v e n a !) poznatog kemijskog sastava. Formula mu je: C_{34} H_{34} N_4 Fe O_5. Kuha li se hematin s ledenim octom (najmanje 96% octena kiselina) i s vrlo malo kuhinjske soli, to nastaju mikroskopski maleni, smeđi, rombijski kristalići, o kojima se drži, da su spoj solne kiseline s hematinom, što

ga zovu h e m i n ili T e i c h m a n n o v i kristali. (Vidi sliku 21.) Ova se reakcija upotrebljava i za dokazivanje, da li primjerice mrlja na odijelu ili gdje drugdje potječe ili ne potječe od krvi! O zadaći samog hemoglobina u krvi, koju smo već spomenuli u ovoj knjizi, bit će još posebna govora.

Osim ovih dviju grupa proteida govori se još i o drugim nekim proteidima, tako na pr. o g l u k o p r o t e i d i m a, o f o s f o r o p r o t e i d i m a, o f o s f a t i d o p r o t e i d i m a itd. Među glukoproteide bi se imali ubrajati spojevi proteina sa sladorima. No prema nazoru E. A b d e r h a l d e n a jamačno je slador (glukoza), što je konstatovan



Sl. 21. *Teichmannovi* kristali.

u njima, samo jedna opeka, i to obično u formi nama već poznatog glukozamina u molekuli dotičnog bjelanjčastog tijela, pa se zato takova tjelesa mogu sasvim lijepo ubrojiti među proteine i to među m u c i n e i m u k o i d e.

F o s f o r o p r o t e i d i bili bi nadalje spojevi proteina s fosfornom kiselinom. No tjelesa, što ih ovamo ubrajaju i što su ih prije nazivali nukleoalbuminima (a to je često dovelo do zamjenjivanja s nukleoproteidima!) nemaju uvijek u sebi fosfora, jer se je pokazalo, da je fosfor, što su ga u njima konstatovali, potjecao od primjesa i onečišćenja. Zato ubrajaju većinu tih tjelesa u pojedine, već spomenute

grupe proteinâ. Još je najbolje proučen i najvažniji fosforoproteid k a s e i n o g e n, koji se nalazi u mlijeku. Kad se zgruša mlijeko, obara se iz mlijeka kaseinogen u obliku bijele tvari, nazvane k a s e i n, odnosno u obliku kalcijeve soli tog kaseina. Kasein dakle stoji prema kaseinogenu, kao na pr. f i b r i n iz krvi prema globulinu f i b r i n o g e n u. Zato običavaju ubrajati fibrin i kasein među t. zv. zgrušane ili koagulirane bjelanjke, za razliku od pravih ili nativnih bjelanjčastih tvari (proteinâ). No zgrušanje krvi i mlijeka nijesu jednaki procesi. Mi ćemo o njima još govoriti. Zasad ćemo spomenuti još samo to, da u kaseinogenu i kaseinu ima fosforne kiseline i da se ona može izlučiti iz njih na pr. djelovanjem pepsina (fermenta) u društvu sa solnom kiselinom. Fermenat nazvan sirište, njemački »Lab«, što ga ima također, kao i pepsina, u želučanom soku, kadar je pretvoriti kaselnogen u kasein. Ima još i drugih fosforoproteida, i u životinjama i u biljkama, no vrlo se je često pokazalo, da fosfor u njima potječe od primjesa. Govori se i o f o s f a t i d o p r o t e i d i m a, t. j. o spojevima lipoida ili fosfatida s proteinima, ali i njihova eksistencija nije — kako ističe A b d e r h a l d e n — sigurno još uglavljena.

Tako bi u glavnom bile spomenute sve najvažnije grupe proteinâ i proteidâ, a ujedno istaknuta njihova oznaka, u kojoj se očituje — ukoliko se danas zna — njihov kemijski karakter. Uz proteine i proteide proučavaju se još i neki kemijski spojevi, koji stoje u vrlo velikoj blizini proteinâ, jer nastaju od njih bilo u živim bićima, bilo izvan njih. Oni zadržavaju u glavnom reakcije, što ih daju proteini, pak ih zato i vrstaju među proteinska tjelesa. Osim toga je i njihov pobliži kemijski sastav nepoznat, jer su to, kao i proteini i proteidi, koje smo dosad spomenuli, od aminokiselina izgrađeni vrlo komplicirani spojevi velikih molekula. Zovu ih obično p r o d u k t i p r e t v o r b e n a t i v n i h b j e l a n j a k a. To su:

1. A l b u m o z e i p e p t o n i. Umjerenim hidrolitičkim raspadajem na pr. djelovanjem probavnih sokova na nativne proteine nastaju iz njih kemijski spojevi, jamačno manjih molekula od proteina, a zovu se albumoze i peptoni. Da su u njih manje molekule, nego u pravih proteinâ, zaključuje se odatle, što su kudikamo topiviji u vodi nego proteini i što za razliku od njih mogu u vodi otopljeni donekle prodirati kroz uske pore, na pr. kroz životinjske membrane i kroz pergamentni papir. Imamo li vodenu otopinu albumozâ i peptonâ, to ćemo iz nje

moći isoliti (»aussalzen«) t. j. oboriti u obliku taloga albumoze dodavanjem otopine amonijeva sulfata, ali peptoni će ostati i nadalje u otopini. Peptoni se obaraju samo trijeslovom kiselinom i fosfornovolframskom kiselinom. Biuretska reakcija peptona posve je čisto c r v e n a, dok je — kako smo rekli — kod pravih proteina l j u b i č a s t a! Albumoze i peptoni obuhvataju vrlo različita kemijska srodna tjelesa, pa su još uvijek, kako veli E. F i s c h e r, za kemika samo zamršene smjese, u kojima je vrlo teško odijeliti pojedine skupine. Zato ne ćemo o tim njihovim skupinama pobliže ni govoriti. Koju ulogu peptoni i albumoze igraju kod probave i resorpcije hrane, govorit će se kasnije.

2. A c i d a l b u m i n i i a l k a l i a l b u m i n a t i. Zagrijevamo li nativne proteine s mnogo octene kiseline ili s mnogo natrijeve ili kalijeve lužine, to će se stvoriti, već prema tomu, da li smo upotrebili kiselinu ili lužinu, acid- ili alkali-albuminati, t. j. spojevi kiseline, odnosno lužine s dotičnim proteinom. Ti su spojevi topljivi u vodi i ne obaraju se zagrijevanjem iz otopine. No ako otopini acidalbaminata dodamo lužine, ili obrnuto, ako otopini alkalialbuminata dodamo kiseline, t. j. ako n e u t r a l i z u j e m o njihove otopine, to će se oni iz otopine oboriti. Toliko o proteinima, kako se mijenjaju djelovanjem kiselina i lužina. Dakako da se daljnjim djelovanjem i koncentriranih kiselinâ i koncentriranih lužinâ raspadaju proteini, hidroliziraju i prelaze na svoje komponente, što smo ih upoznali kao a m i n o k i s e l i n e, jednostavne organske spojeve, o kojima će u narednom poglavlju biti pobližega govora.

3. K o a g u l i r a n i p r o t e i n i. Predstavnik je ove grupe proteinskih produkata češće već spomenuti f i b r i n iz krvi. Krv, koja se je na zraku zgrušala, promijenila se je s obzirom na svoje proteine utoliko, što je jedan globulin i to f i b r i n o g e n, koji je prije bio u njoj u tekućem stanju, prešao u zgrušanu modifikaciju, u novo bjelanjčasto tijelo: f i b r i n. Taj je fibrin po tom nova modifikacija proteinska, jer se više ne vraća u protein, od kojega je postao. Zato su ga i metnuli u posebnu grupu produkata, koji nastaju iz proteinâ, ali su zadržali mnoga karakteristična svojstva proteinska. Amo spadaju i svi drugi proteini, koji se iz svojih vodenih otopina obaraju zgrušavanjem, bilo djelovanjem povišene temperature, bilo opet djelovanjem fermenata. Kako smo već rekli, na taj način koagulirani protein ne vraća se više u prvotno stanje, zato i jesu k o a g u l i r a n i p r o t e i n i skupina tjelesa, koju treba posebno proučavati i promatrati.

Nabrojili smo tako skupine proteinâ i njima blizih spojeva, pa se razabira, da se danas ne može još provesti točna razdioba svih bjelanjčastih tvari u pojedine, ograničene i jasno kemijski karakterizovane odjele. To će se moći istom onda, dok kemija malo dublje zaviri u sastav proteinâ. Zato se razdioba proteinskih tjelesa mora ograničiti na vanjska njihova svojstva i na njihovo porijeklo u živoj prirodi. Kako rekoh, radi svega toga pojedini istraživači različito dijele proteine. Ja sam išao za tim, da ukratko prema nazorima E. Abderhaldena spomenem ono, što je najbitnije i najsigurnije uglavljeno o pojedinim proteinskim skupinama, o kojima se u biokemiji govori. Na osnovu toga bit će nam jamačno razumljiva i svaka druga razdioba proteina. Tako se na pr. često nalazi ovakova razdioba svih proteinskih tjelesâ životinjskog porijekla, koja potječe od znamenitog švedskog fiziološkog kemika O. Hammarstena[1]:

I. Pravi bjelanjci.

Albumini. Na pr. serumski albumin, laktalbumin itd.
Globulini. Na pr. fibrinogen, miozin, serumski globulini itd.
Nukleoalbumini. Na pr. kazein, ovovitelin itd.
Albuminati. Na pr. acidalbuminat, alkalialbuminat.
Albumoze (i peptoni).
Koagulirani bjelanjci. Na pr. fibrin, u vrućini koagulirani bjelanjci itd.
Histoni.
(Protamini).

II. Proteidi.

Hemoglobini.
Glikoproteidi. Na pr. mucini i mucinoidi, amiloid, ihtulin itd.
Nukleoproteidi. Na pr. nukleohiston, citoglobin itd.

III. Albumoidi ili albuminoidi.

Keratini.
Elastin.

[1] Olof Hammarsten: Lehrbuch der physiologischen Chemie. Wiesbaden. J. F. Bergmann. 1907.

Kolagen.
Retikulin.
(Fibroin, sericin, kornein, spongin, konhiolin, bisus itd.)

Kad pogledamo tu razdiobu, razabrat ćemo, da ne sadržava bilinskih proteina, a zatim, da se u tom, kako sâm autor kaže, shematičkom pregledu bjelanjčastih tjelesa, moraju provesti neke male promjene i ispravci, prema novijim istraživanjima (od 1907. god. dalje), na koja se istraživanja osobito obazire Abderhaldenova karakterizacija pojedinih proteinskih skupina. Opravdana je zato nada, da će nas daljnja istraživanja na tom području fiziološke kemije, koje bez sumnje zauzimlje centralno i najvažnije mjesto u toj nauci, dovesti do novih pogleda i nove, sve dublje karakterizacije najvažnije građe organizama.

Sve u svem možemo kazati s obzirom na ono, što smo dosad o proteinima iznesli, da je kemiji pošlo za rukom otkriti vrlo veliki broj bilinskih i životinjskih proteina. Kemija je unijela i neki red i pregled u ta tako važna i tako mnogostrana tjelesa. Ali što ih više proučava, dolazi kemija do zaključka, da postoje bilioni i bilioni proteinâ, pa će trebati istom naporna rada čitavih generacija, da nam se objasne sve kemijske tajne, što se u njima kriju. Njemački fiziolog E. Pflüger rekao je pred par godina: »U objašnjenju pravog kemijskog sastava proteinâ leži ujedno i objašnjenje zagonetke svijeta!«

b) Kemijski sastav proteinâ.

Fakat je, da biljke stvaraju u svojim stanicama proteine, najzamršenije organske spojeve na našoj Zemlji, iz jednostavnih anorganskih tjelesa, što ih primaju u sebe iz tla i uzduha. Životinje, čovjek, a i biljke nametnice, na pr. gljive, dobivaju od zelenih biljaka već gotove proteine za hranu; one samo prekrajaju bilinske proteine prema svojoj kemijskoj građi i prema svojim posebnim potrebama. To će reći, u životinjskom se i u čovječjem tijelu zbivaju s proteinima razne kemijske promjene u smjeru razgrađivanja proteinâ, ali i u smjeru izgrađivanja, samo što jedni i drugi procesi ne teku do tako jednostavnog anorganskog materijala kao u biljkama.

Biljke primaju u svoje tijelo ugljik, potreban za proteine, u obliku ugljične kiseline iz uzduha (CO_2), vodik u obliku vode (H_2O),

kisik isto tako iz oba ova tijela. Dušik, taj za proteine osobito karakteristični i neminovno potrebni elemenat, crpu biljke iz tla ponajviše u obliku salitre (KNO_3, $NaNO_3$), sumpor iz sulfata u tlu (na pr. iz $CaSO_4$, sadre) i napokon fosfor za fosforne proteide iz fosfata (na pr. iz $Ca_3(PO_4)_2$, iz apatita). Sve su to, kako se lijepo razbira iz kemijskih formula, vrlo jednostavno građeni anorganski spojevi. Porijeklo dakle i domovina pojedinih elemenata, koji izgrađuju proteine, posve je sigurno uglavljena. Ali gdje u biljci i kako ovi kemijski jednostavni spojevi stupaju u kemijske procese i koji su to postepeni kemijski procesi, što na koncu dovode do gotovih bilinskih proteina, o tom zna danas kemija vrlo malo, gotovo ništa sigurno. Ima doduše u biljkama aminokiselinâ (na pr. asparagin i asparaginska kiselina!), ali se danas ni to ne zna posve sigurno, da li su te kiseline nastale sintetički iz jednostavnih dušikovih spojeva, ili su to samo produkti raspadanja bilinskih, već gotovih proteinâ. Moramo dakle iskreno i otvoreno priznati, da je kemijska sinteza proteina, koja se neprestano odigrava u biljkama, za nas još tajna. Ali pred tom tajnom ne smijemo uzmaknuti. Biokemija bilja mora neumornim marom nastojati, da polagano i postepeno uđe u trag putovima i metodama, kojima radi bilinska živa stanica, kad kao od šale, kod obične temperature i iz jednostavnog anorganskog kemijskog materijala, izgrađuje najsavršenija i najvažnija tjelesa na našoj Zemlji. Istina, ima već danas obilje solidnih nagađanja, kojima nastojimo kemijski objasniti postanak aminokiselinâ, tih opeka, što izgrađuju proteine u biljkama, no ovdje se ne ćemo pobliže upuštati u ta nagađanja. Obratit ćemo radije pažnju onim rezultatima analitičke i sintetičke organske kemije, koji se danas smatraju solidnim, osnovnim kamenjem za pogled u kemijski sastav proteina, i napunjuju nas nadom, da će danas sjutra biokemija objasniti i stvaranje proteinâ u biljkama i pravi kemijski sastav tih kemijskih spojeva, što ih sada još tako slabo poznajemo.

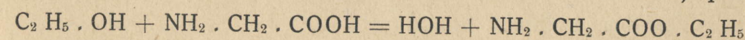
Evo, šta je u stvari.

Kemici su već davno upoznali, da se proteini djelovanjem jakih kiselina i jakih lužina mogu razlučiti na jednostavnije organske i konačno anorganske spojeve. Proces je taj nazvan hidroliza proteinâ, pa je već oko god. 1870. Schützenberger djelovanjem jake vruće lužine, kod povećanog tlaka, dobio iz bjelanjčastih tjelesa organske spojeve, što smo ih spomenuli pod imenom aminokiselinâ, a kao konačne produkte raspadanja i rastvaranja jednostavne anorganske spojeve: ugljični dvokis (CO_2), vodu (H_2O), amonijak (NH_3) i sumporovodik (H_2S). Proteini se dakle tim procesom razgrađuju sve do konačnog anorganskog materijala, iz kojeg ih je biljka kadra opet izgraditi!

Da se dobije dublji pogled u kemijski sastav proteinâ, obratila se je osobita pomnja i vanredno veliki naučni napor istraživanju i proučavanju onih produkata hidrolize, što smo ih označili aminokiselinama. Na tom je području stekao neprolaznih zasluga berlinski organski kemik E. Fischer. Njegova je zasluga u prvom redu u tom, što je izgradio metodu, kojom se mogu odijeliti pojedini, iz proteina dobiveni produkti hidrolize, kao samostalna tjelesa izlučiti iz proteina i proučavati. Metoda se ta zove »estermetoda«, a za otkriće te metode dobio je Fischer Nobelovu nagradu za kemiju.

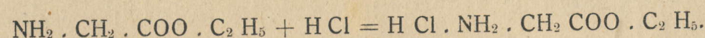
Fischerova estermetoda sastoji ukratko u ovom: Ako bjelanjčaste tvari kuhamo s jakom kiselinom — najbolja je u tu svrhu dimeća solna kiselina spec. tež. 1.19 ili 25% sumporna kiselina — to će se one za relativno kratko vrijeme, t. j. za 6—16 sati, hidrolizirati na smjesu raznih aminokiselina, koje će se nalaziti otopljene u tekućini, dobivenoj tim kuhanjem. Ta se tekućina profiltira, da bude čišća, jer po njoj pliva nešto malo crnih, neotopljenih, t. zv. huminskih tvari.

Tekućina se dalje isparuje dotle u boci za destilaciju uz smanjeni tlak, dok ne preostane u boci polutekuća, sirupasta masa. U toj su masi pomiješane pojedine aminokiseline. Da ih uzmognemo odijeliti, doda se sirupastoj masi tri puta toliko, kolika je njena težina, apsolutnog alkohola i u tu se mješavinu uvodi plinovita solna kiselina, dok tekućina ne bude potpuno zasićena parama solne kiseline. Ovim se postupkom pretvara sva sirupasta masa aminokiselina opet u tekućinu! Ali u toj tekućini nijesu više aminokiseline prisutne kao takove, nego kao spojevi sa solnom kiselinom i s alkoholom. Kemijski kazano, aminokiseline prešle su u oblik estera (zato se i zove ovaj postupak »estermetoda«!), a ti su esteri udruženi još i sa solnom kiselinom. Onomu, tko zna malo kemije, mogu se ovi procesi zgodno predočiti kemijskim formulama. Alkohol je $C_2H_5 . OH$, solna kiselina HCl, a najobičnija aminokiselina, već češće puta spomenuti glikokol je $NH_2 . CH_2 . COOH$. Između alkohola i glikokola zbiva se ovaj proces:



$$C_2H_5 . OH + NH_2 . CH_2 . COOH = HOH + NH_2 . CH_2 . COO . C_2H_5$$

t. j. stvara se e s t e r i voda (HOH $=$ H_2O). Tako stvoreni ester spaja se onda još i sa solnom kiselinom u novi kompleks, koji nastaje jednostavno ovako:

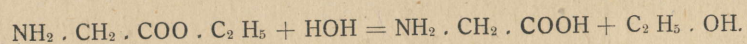


$$NH_2 . CH_2 . COO . C_2H_5 + HCl = HCl . NH_2 . CH_2 COO . C_2H_5.$$

Taj i tomu slični kompleksni spojevi estera sa solnom kiselinom, već prema tomu,kakove su pojedine aminokiseline, nalaze se u našoj tekućini. A kako ćemo sada iz nje dobiti same aminokiseline? Jer svrha je svemu ovomu postupku, da dođemo do pojedinih aminokiselinâ, iz kojih je izgrađen dotični protein, što smo ga podvrgnuli hidrolizi.

Daljnji se postupak na tom putu sastoji u tom, da se esterima najprije oduzme solna kiselina. To se polučuje natrijevom lužinom i kalijevim karbonatom, koji se na prokušani način stavljaju u doticaj s našom tekućinom. Natrijeva lužina i kalijev karbonat poberu solnu kiselinu, a iz kompleksa se oslobode sami e s t e r i aminokiselinâ.

Po jednom se vanjskom svojstvu razlikuju ti esteri. Svaki ima svoje posebno v r e l i š t e. Podvrgnemo li dakle sada našu smjesu estera t. zv. f r a k c i o n o v a n o j d e s t i l a c i j i, t. j. destilaciji, koja teče tako, da se postepeno i posebno sabiraju produkti, što prelaze u paru kod stanovitih temperatura, na pr. najprije kod 60°, onda kod 100° i napokon kod 180° C, to ćemo dobiti pojedine estere, odijeljene jedne od drugih. A iz svakog dotičnog estera lako je doći do same aminokiseline. Već pomoću vode esteri se raspadaju na alkohol i aminokiselinu, t. j. ester + voda = aminokiselina + alkohol na pr.



$$NH_2 . CH_2 . COO . C_2H_5 + HOH = NH_2 . CH_2 . COOH + C_2H_5 . OH.$$

Alkohol se isparuje, a preostaje aminokiselina.

To je u glavnim potezima znamenita F i s c h e r o v a »estermetoda« za razlučivanje aminokiselina, dobivenih hidrolizom proteinskih tvari. Postupak ovaj nije sasma lako izvediv, te ako želimo da dobijemo valjane rezultate, moramo se držati točno prokušanih propisa, što ih je izgradio poglavito Fischerov učenik, već više puta spomenuti fiziološki kemik E. A b d e r h a l d e n. Osobito je teško izvediva frakcionovana destilacija, jer se mora obavljati u prostoru praznom od zraka, u t. zv. vakuumu. Mi se ovdje ne možemo pobliže baviti samim ovim postupkom. Za nas su važni rezultati, do kojih su prokušani istraživači došli, radeći tom i sličnim metodama.

Glavni je dojakošnji rezultat ovog istraživanja, da se gotovo svi i najrazličitiji proteini hidrolizom raspadaju na s t a l n e aminokiseline. One se zovu: glikokol, alanin, valin, leucin, izoleucin, norleucin, serin, cistin, lizin, arginin, asparaginska kiselina, glutaminska kiselina, fenilnialamin, tirozin, dijodtirozin (jodgorgonska kiselina), dibromtirozin, prolin, oksiprolin, triptofan, histidin i oksitriptofan. Osim aminokiselina je kod hidrolitičkog raspadaja proteina dobiven jedino g l u k o s a m i n, kao tijelo, koje ne spada u istu skupinu kemijskih spojeva.

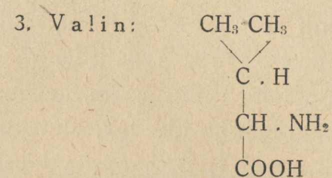
No i ove aminokiseline nijesu sve vrlo srodne, pa se mogu podijeliti u dvije skupine prema razdiobi organske kemije uopće. Organska se naime kemija dijeli prema unutarnjoj građi ili strukturi kemijskih ugljikovih spojeva na takove spojeve, kod kojih su pojedini ugljikovi atomi spojeni u obliku otvorenog lanca, i na takove, gdje su se pojedini ugljikovi atomi u molekuli povezali u zatvoreni lanac, dakle u prsten ili ciklus. Zato govorimo u organskoj kemiji o l a n č a s t i m spojevima i o c i k l i č k i m ili prstenastim spojevima. I aminokiseline, dobivene iz proteinâ, kojima smo gore ispisali imena, jedne su lančasti, a druge opet ciklički spojevi. Kako su u tim važnim aminokiselinama vezani pojedini atomi u molekulama, razbira se iz njihovih s t r u k t u r n i h kemijskih formula, t. j. formula, gdje su točkama i crticama prikazane valencije elemenata i veze između pojedinih atomâ i atomskih skupinâ u molekulama. Sve su naime spomenute aminokiseline, i glukosamin, dobro kemijski proučena i poznata tjelesa, što više, mogu se i umjetno, sintetički napraviti iz jednostavnijih kemijskih spojeva, odnosno iz elemenata, koji se u njima nalaze. Napisat ćemo sada nekoje strukturne formule spomenutih aminokiselina, tako da čitalac vidi, kako je organska kemija pronašla način, da pomoću znakova izrazi unutarnju građu, a prema tomu i kemijsku narav pojedinih spojeva:

A) L a n č a s t e a m i n o k i s e l i n e i z p r o t e i n â.

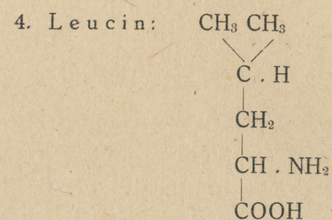
1. G l i k o k o l: $CH_2 . NH_2$
   |
   $COOH$

2. A l a n i n: CH_3
   |
   $CH . NH_2$
   |
   $COOH$

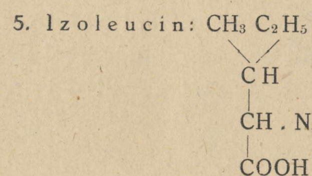
3. Valin:



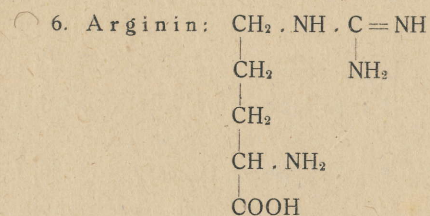
4. Leucin:



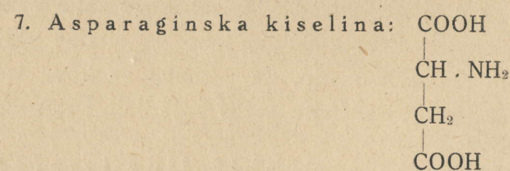
5. Izoleucin:



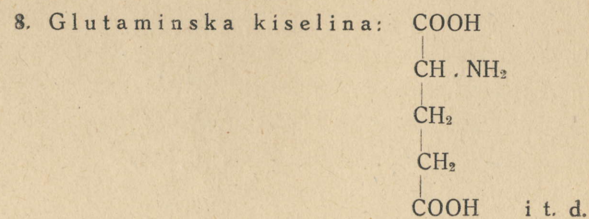
6. Arginin:



7. Asparaginska kiselina:

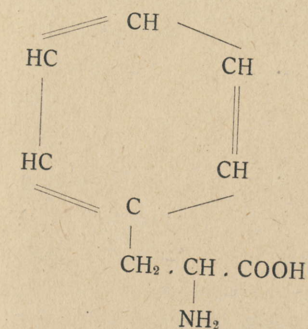


8. Glutaminska kiselina:

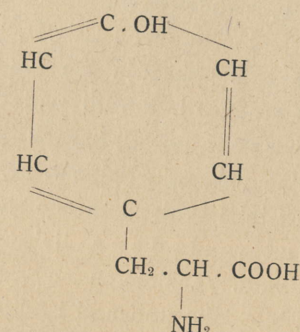


B) Cikličke aminokiseline iz proteinâ.

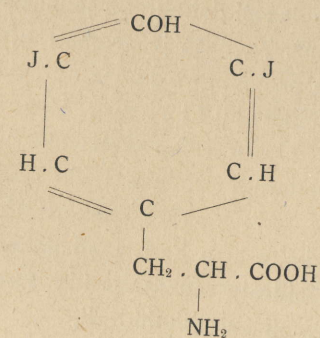
1. Fenilni alanin:



2. Tirozin:



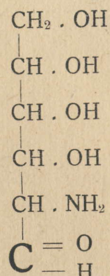
3. Jodgorgonska kiselina (Dijodtirozin):



i t. d.

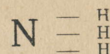
C) K e m i j s k i s p o j e v i, k o j i n i s u a m i n o k i s e l i n e, a d r ž i s e d a i z g r a đ u j u p r o t e i n e.

1. G l u k o s a m i n:



$$CH_2 . OH - CH . OH - CH . OH - CH . OH - CH . NH_2 - C \begin{smallmatrix} = O \\ - H \end{smallmatrix}$$

2. Možda i a m o n i j a k:



$$N \begin{smallmatrix} - H \\ - H \\ - H \end{smallmatrix}$$

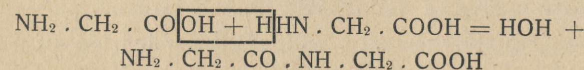
Ako pogledamo redom ove kemijske formule, to razbiramo, da se u svim aminokiselinama, različnima po formulama, nalaze kao karakteristične skupine NH_2, aminoskupina i COOH, kiselinska ili t. zv. karboksilna skupina. Baš zato pokazuju sve ove aminokiseline u kemijskom pogledu mnogo srodnosti. Poradi svoje aminoskupine ti su organski spojevi slabe b a z e, a poradi karboksilne su skupine slabe k i s e l i n e; aminokiseline pokazuju dakle t. zv. anfoterni karakter. No i po svojim vanjskim i inim svojstvima one su vrlo slične. Sve su one naime b i j e l a, k r u t a, u l e đ e n a tjelesa, koja su sad više, sad manje teško topiva u vodi. Većinom su o s l a s n o g okusa. Baš poradi velike srodnosti, nije bilo lako upoznati i odijeliti pojedine aminokiseline, pa se otkriće pojedinih aminokiselinâ vuče gotovo kroz cijelo jedno stoljeće. Predaleko bi nas odvelo, da se pozabavimo otkrićem svake od njih i da pobliže opišemo njihova svojstva i način, kako se mogu u m j e t n o načiniti, polazeći dakako od jednostavnog kemijskog materijala, a ne od proteinâ. Za naše je promatranje najvažnije to, da hidroliza ili rastvaranje proteinâ r a z n i m putovima, t. j. bilo jakim k i s e l i n a m a, bilo jakim l u ž i n a m a, bilo opet f e r m e n t i m a, kako se to primjerice zbiva u našim probavnim organima, dovodi uvijek do s t a l n i h raspadajnih produkata, do spomenutih aminokiselina. Mora dakle da su te aminokiseline opeke, iz kojih su izgrađeni proteini, upravo onako, kako smo kod masti uglavili glicerin i masne kiseline, a kod ugljikohidrata monosaharide (monoze) kao opeke, iz kojih su izgrađene masti i ugljikohidrati.

Nastaje pitanje, da li to smijemo s pravom tvrditi o aminokiselinama, i onda, da li su danas doista već poznate sve aminokiseline, odnosno sve kemijske opeke, koje bi imale sastavljati proteine.

Da odgovori na ta pitanja, kemija je udarila drugim putem, koji je i opet u glavnom izgrađen i pronađen radom i otkrićima E. F i s c h e r a.

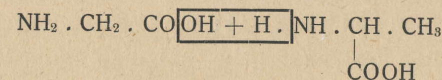
Radi se o ovom:

E. F i s c h e r, ponukan jednim predavanjem poznatog fiziološkog kemika Franje H o f m e i s t e r a, nastojao je da pojedine aminokiseline, dobivene iz proteinâ, poveže umjetno natrag u sastavljenije organske spojeve. Nadao se je, da će tako dobiti tjelesa, koja će biti u nekom stanovitom odnošaju spram prirodnih proteina. Pojedine je aminokiseline vezao tako, da je jedna od njih izgubila vodikov atom iz aminoskupine (NH_2), a drugu skupinu, zvanu hidroksil, iz kiselinske skupine COOH. Na pr. dva molekula glikokola dala su tako:



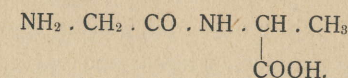
$$NH_2 . CH_2 . CO\boxed{OH + H}HN . CH_2 . COOH = HOH + NH_2 . CH_2 . CO . NH . CH_2 . COOH$$

t. j. vodu i spoj, nazvan g l i c i l g l i c i n. Takav se opet spoj lako može primitkom vode, t. j. hidrolizom, raspasti na dvije molekule aminokiseline, u ovom slučaju na dvije molekule glikokola. Ili na pr.:



$$NH_2 . CH_2 . CO\boxed{OH + H.}NH . CH(COOH) . CH_3$$

t. j. glikokol + alanin daju opet vodu (HOH) + g l i c i l a l a n i n:



$$NH_2 . CH_2 . CO . NH . CH(COOH) . CH_3$$

Tako to ide i dalje, pa je E. F i s c h e r nazvao sve ovako umjetno izgrađene spojeve p o l i p e p t i d i. Prema broju aminokiselinâ zovu se onda ti polipeptidi: mono — di — tri — itd. peptidi. Dosad je pošlo za rukom sintetizirati polipeptid sve do 18 aminokiselina, dakle o k t o d e k a p e p t i d. Kemijski sastav i molekularna težina svih tih umjetnih tjelesa poznata je dakako, pa tako ima Fischerov oktodekapeptid molekularnu težinu ravno 1213.

Pa što nam govore polipeptidi o kemijskoj građi proteina?

Ne samo da su Fischerovi polipeptidi vrhunac moći savremene sintetičke organske kemije, jer eto molekularna težina umjetnog

tijela, dobivenog na taj način, nadmašuje molekularnu težinu masti (na primjer tristearin = 925), nego nam ti polipeptidi mnogo objašnjuju u građi najvažnijeg kemijskog materijala živih bića, t. j. proteina. Ponajprije pokazuju već t r i p e p t i d i neke reakcije, što ih još ne daju same aminokiseline, a te su reakcije karakteristične za proteine. To je, na pr., poznata nam već b i u r e t s k a r e a k c i j a, koja se sastoji u tom, da se otopina polipeptida bojadiše ružičasto do ljubičastog, ako joj dodamo natrijeve lužine, a onda polako i oprezno razrijeđene otopine modre galice. Isto tako daju otopine polipeptida i druge proteinske reakcije i to točno prema svojem sastavu; promjene bojâ, što ih dobivamo stanovitim reagencijama i na proteine i na polipeptide, uvjetovane su naime — kako smo već istaknuli — stanovitim aminokiselinama, koje su zastupane u građi velikih proteinskih molekula. Istraživanja pokazaše, da ona tjelesa, što smo ih spomenuli kao a l b u m o z e i p e p t o n e, a nastaju primjerice djelovanjem probavnih sokova (odnosno njihovih fermenata) na prirodne proteine, imaju mnogo sličnosti s polipeptidima, t. j. da su p e p t o n i jamačno s m j e s e najrazličitijih polipeptida. Pošlo je dapače za rukom nekoje polipeptide izolirati iz prirodnih peptona. Sve nas to dovodi do zaključka, d a s u i p r i r o d n i p r o t e i n i v e l i k i k o n g l o m e r a t i, v e l i k e m o l e k u l e, n a s t a l e u d r u ž i v a n j e m s p o j e v a, n a l i k n a u m j e t n e p o l i p e p t i d e. Drugim riječima, i u proteinima su pojedine sastavne opeke, pojedine aminokiseline, vezane na analogan način, kao i u polipeptidima, na pr. kao u gore prikazanoj formuli glicilglicina i glicilalanina. Kraj takova vezanja (zovu ga »saüreamidartig«) ostaju još uvijek u kompliciranom spoju neoštećene i aminoskupine i kiselinske skupine, a kako smo već spomenuli, i prirodni proteini imaju t. zv. a n f o t e r n i k a r a k t e r, t. j. moraju imati kao i glicilglicin i cijelu aminoskupinu i cijelu kiselinsku ili karboksilnu skupinu. Hidrolitičkim raspadajem, t. j. primanjem vode u velike svoje molekule uz istodobno drobljenje tih molekula na manje molekule, nastaju onda i iz polipeptida isto tako kao i iz proteina s t a l n e aminokiseline.

Jedna je činjenica kod procesa hidrolize prirodnih ili nativnih proteinâ zadavala veliku brigu istraživačima. Mi smo je već spomenuli, te kako smo rekli, sastoji se u tom, da kraj sve točne provedbe Fischerove »estermetode« ne dobivamo više nego 50—70% produkata hidrolize. Zato se je isticalo, da do danas poznate aminokiseline, što ih dobivamo

hidrolizom proteinâ, nijesu još s v e opeke njihove. Trideset do 50%, dakle gotovo još polovica molekule nije sigurno uglavljena. Ali i u to pitanje, koje je vrlo često izazvalo oštre diskusije o našem dojakošnjem znanju o kemizmu proteinâ, unijeli su polipeptidi svijetla. Načinimo li naime umjetnu smjesu polipeptida, pa ju podvrgnemo hidrolizi po Fischerovoj estermetodi, to ne ćemo nikada dobiti toliku količinu aminokiselina, da bi iznosila 100%, nego će i kraj točno provedenog postupka biti 40—50% gubitka. No ono, što ćemo kod toga moći uglaviti, jest, da kraj tolikog gubitka ipak dobivamo s v e one aminokiseline, od kojih je dotična smjesa polipeptida načinjena, ali dakako ne dobivamo u potpunoj količini! Razlog su tomu gubici, što nastaju kod provedbe Fischerove estermetode, a nije ih još danas pošlo za rukom ukloniti. Metoda ta nije dakle još dovoljno usavršena, nije još k v a n t i t a t i v n a. Ali usporedba rezultata hidrolize kod prirodnih proteina i kod umjetnih polipeptida dovodi nas do zaključka, d a m i d a n a s d o i s t a p o z n a j e m o s v e g l a v n e k e m i j s k e o p e k e, k o j e i z g r a đ u j u p r o t e i n e; d a s u t e o p e k e j a m a č n o m e đ u s o b o m p o v e z a n e o n a k o, k a o i u p o l i p e p t i d i m a.

Ako je tako, smijemo li gojiti nadu, da će nam danas sjutra poći za rukom istim putem, kojim je načinio Fischer svoj oktodekapeptid, načiniti, sintetizirati i prirodne proteine? Evo, šta nam u tom pogledu govore polipeptidi. Vežemo li na onaj način, kako smo načinili dipeptid glicilglicin, više aminokiselina, na pr. 3, 4, 5 itd. u polipeptide, to i kraj toga, da je taj vez uvijek u glavnom isti, ipak ima vrlo mnogo kombinacija, koje proizlaze odatle i ovise o tom, k o j i m r e d o m udružujemo pojedine aminokiseline. Kemici su se potrudili, da izračunaju b r o j mogućih kombinacija, broj t. zv. kemijskih izomerija za stanoviti broj udruženih aminokiselinâ. Račun je taj doveo do zanimljivog rezultata, da je broj mogućih izomerija kod polipeptida upravo n e i z m j e r a n. Četiri razne aminokiseline, kombinirane u tetrapeptid, dozvoljavaju već d v a d e s e t i č e t i r i mogućnosti, dvadeset i četiri razne kombinacije, a što dalje idemo, broj tih mogućnosti raste rapidno. Naime:

Broj udruženih aminokiselinâ:	Broj mogućih kombinacija, ako se samo red aminokiselina mijenja:
4	24
5	120
6	720
7	5040

Broj udruženih aminokiselinâ:	Broj mogućih kombinacija, ako se samo red aminokiselina mijenja:
8	40320
9	362880
10	3628800
11	39916800
12	479001600
13	6227020800
14	87178291200
15	1307674368000
20	2432902008176640000

Pa što slijedi odatle?

Odatle slijedi, da jamačno nikada ne ćemo moći sintetizirati onakov upravo protein, kakav se nalazi u prirodi! Jer, evo, već 20 aminokiselina moglo bi se udružiti u okruglo 2000000000000000000 raznih polipeptida. Kad bi dakle tako točno usavršili postupak hidrolize, da bi kod hidrolize dobili od nekog proteina točan broj i točnu količinu pojedinih aminokiselinâ, to bi još uvijek bili vrlo daleko od toga, da znamo točan kemijski sastav baš dotičnog proteina. Jer 2000000000000000000 prirodnih proteina dat će nam isti broj i iste količine aminokiselina! Zato je uopće isključena mogućnost, da će nam ikada poći za rukom uglaviti točan slijed aminokiselinâ u kojem prirodnom proteinu, tim više, što nijedan prirodni protein nije još danas pošlo za rukom — kako smo već spomenuli — dobiti u čistom stanju kao kemijski individuum. Prirodni su proteini jamačno smjesa srodnih proteinâ.

Ali polipeptidi nam u drugu ruku opravdavaju nadu, da će nam poći za rukom sintetičkim putem prirediti tako komplicirane polipeptide, koji će biti na istoj ljestvici kemijskog sastava, na kojoj su i prirodni proteini. Bit će to onda modeli prirodnih proteina, a kako će nam njihov sastav i kemijska građa biti točno poznata, moći ćemo s takovim modelom uspoređivati prirodne proteine i utvrđivati njihovu individualnost. A time će kemija proteinâ dobiti eksaktan osnov i konačno svoje naučno riješenje. Stadij, u kojem se sada nalazi, istom je neznatni i nesigurni početak, ali već taj početak opravdava nadu, da ćemo danas sjutra objasniti kemijsku narav i kemijski sastav najvažnijih organskih spojeva za život na našoj Zemlji. Uporedo naime s razvojem sintetičke organske kemije ide i razvoj nauke o fermentima, a ta je nauka usko povezana uz nauku o proteinima. Mi ćemo o fermentima ili enzimima, i o njihovoj ulozi u živim bićima, i o znamenovanju njihovu za organsku sintetičku kemiju, govoriti u posebnom poglavlju.

U proteinima smo dakle upoznali tjelesa, koja mogu nastupiti u prirodi u milijardama raznih modifikacija i kombinacija. K tomu pridolazi, da se u protoplazmi stanicâ, isto kao i u ostalim tjelesnim tkivima, nalaze smjese od više vrsti proteina. Pa baš poradi toga nije isključena mogućnost, da svaka stanica, odnosno nakupina stanica i tkiva, dakle pojedini bilinski i životinjski organi imaju u sebi svoje posebne proteine. Što više, postoji mogućnost, da i svaki organizam, svaki individuum ima u sebi svoje specifične proteine i da se baš poradi toga živa bića, inako jednako građena, ipak tako znatno razlikuju po svojim duševnim i tjelesnim sposobnostima. Narodi su odvajkada izricali svoje vjerovanje, niklo iz životnog iskustva, da se po krvi razlikuje čovjek od čovjeka. Kemijska nauka baca danas na osnovi toga, što su proteini najvažnija i najbitnija sastavina krvi, a mogu evo od njih postajati biljuni i biljuni varijacija, dublje svijetlo u to narodno vjerovanje. Čovjek se od čovjeka razlikuje zato, jer su im proteini, kraj sve velike srodnosti, ipak različni.

Iz svega ovoga slijedi, da kemijska nauka mora sve svoje sile upeti, da objasni kemijsku narav i kemijsku građu proteinâ. Iako je danas još na početku te svoje velike i teške zadaće, ipak nas i ono, što smo gore istaknuli o današnjem našem znanju o građi proteinâ, mora ispuniti nadom, da će kemijskoj nauci poći jednom za rukom ostvariti taj svoj najviši ideal. Od kojeg će znamenovanja biti to ostvarenje za misaoni razvoj čovječanstva, za pogled čovjeka u sebe samoga, u zdravo i bolesno tijelo čovječje, u prirodu oko sebe, o tom još i ne sanjamo!

D) Vitamini i još neki drugi organski spojevi.

S mastima, lipoidima, ugljikohidratima i proteinima nije još iscrpljen sav organski kemijski materijal, koji nastupa kao građa živih bića. Ovo su samo ponajglavnije i ponajvažnije grupe organskih kemijskih spojeva, što izgrađuju bilinske i životinjske organizme, pa im je zato fiziološka kemija od svog početka do danas obraćala osobitu i glavnu pažnju. No u živim bićima ima sad stalno, sad samo stanovito

vrijeme još sva sila organskih kemijskih spojevâ, poznatih, a jamačno još vrlo mnogo nepoznatih, kojima također pripada važna uloga kod životnih procesa. Oni nastupaju vrlo često u neznatnim količinama, tako da po svojoj jedva zamjetljivoj masi daleko zaostaju za mastima, lipoidima, ugljikohidratima i proteinima. No zgodno veli fiziolog Bunge: »Za kemika je neznatni trag (»eine Spur«) neke tvari bez vrijednosti; on se ne obazire na nj. Za fiziološkog kemika je često puta samo neznatni trag neke tvari upravo najglavniji.«

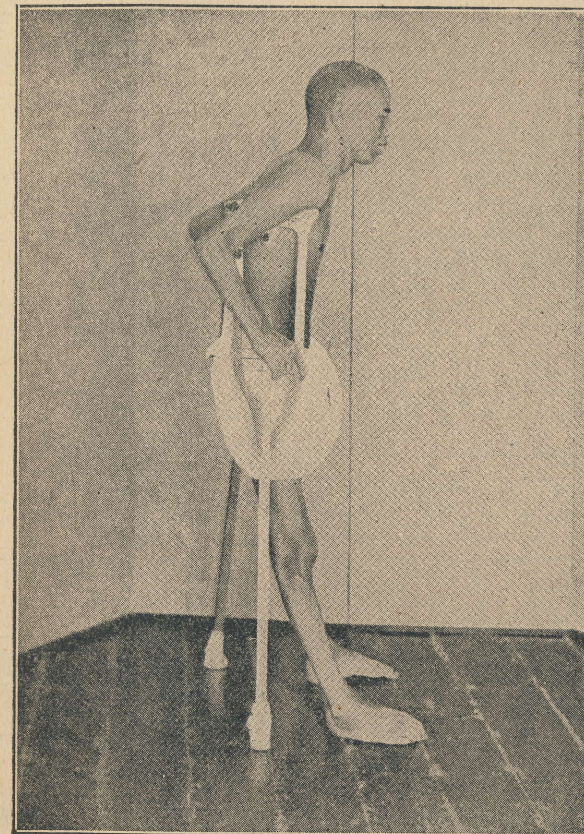
Tako je primjerice fiziološki kemik C. Funk u zadnjem deceniju[1] nastojao obratiti pažnju fiziologije i patologije tvarima, koje je nazvao vitamini, a tvrdi o njima, da nastupaju u svim bilinskim i životinjskim organizmima u vrlo neznatnoj količini, ali su za životne procese od osobite važnosti. Nauka dakako još nije posve usvojila Funkove nazore o vitaminima, no mi ćemo se ipak pozabaviti malo njima, jer je zanimljiv put, kojim je Funk došao do ideje o eksistenciji vitaminâ i o znamenovanju njihove uloge u živim bićima, poglavito u tijelu čovječjem.

U krajevima, gdje se ljudi hrane neprestano jednovrsnom hranom, na pr. u Japanu rižom, pojavljuje se teška bolest, koju su nazvali »Beriberi« (japanski »Kakke«). Ta se bolest pojavljuje osobito ondje, gdje mnogo ljudi zajedno jednolično živi, na pr. u kaznionicama, na brodovima i u kasarnama. Liječnici su podrobnije proučavali tu bolest, pa su došli do zaključka, da se ona sastoji u tom, da se periferno živčevlje počinje rastvarati, a posljedica je onda atrofija mišica, kostiju, srca, što u većini slučajeva dovodi do smrti. »Beriberi«-bolesnik izgleda vrlo jadno, kako nam to pokazuje slika 22.

Budući da se ta epidemija javlja u masama, to se je dakako držalo, da je »Beriberi« zarazna bolest. Ali su doskora opazili holandeski istraživači, osobito Eykman, da se »Beriberi«-epidemija ponajviše javlja kod ljudi, koji se dulje vrijeme hrane bijelom ili poliranom rižom, kojoj se brušenjem skida vanjska ljuska i vanjski sloj, te preostaje samo bijelo, glatko zrno. To ih je dovelo do zaključka, da se brušenjem riže oduzimaju zrnu rižinu neke sastojine, koje sprečavaju otrovanje živčanog sustava, što ga uzrokuje poseban otrov, poseban toksin, koji se nalazi u bijelom, glatkom rižinu zrnu i pravi je

[1] C. Funk: Die Vitamine, ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie. Wiesbaden. J. F. Bergmann. 1914.

uzročnik bolesti. Eykmanu je pošlo za rukom i umjetno izazvati simptome (znakove) »Beriberi«-bolesti kod kokoši i to tako, da ih je hranio samo poliranom rižom, a kokoši su se opet oporavljale, kad im je hranu promijenio samo toliko, da su jele čitava, nebrušena rižina zrna.



Sl. 22. „*Beriberi*" bolesnik.

Engleski liječnici, koji su se počeli baviti odnošajem polirane i nepolirane riže spram bolesti »Beriberi«, nijesu se mogli složiti s tim, da se kod te bolesti radi o toksinu, o otrovnoj tvari u bijeloj riži, nego su sudili, da se u vanjskoj rižinoj kori, a isto tako i u vrlo mnogo drugih hranivih tvari, na pr. u mlijeku, grahu, a i na pr. u kvascu, nalazi posebna jedna sastojina, koja je potrebna kao hrana osobito za

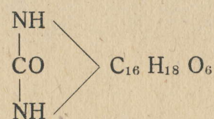
naš živačni sistem. Nema li u našoj hrani te sastojine, t. j. hrane li se ljudi primjerice samo poliranom rižom, u kojoj nema te hranive tvari, počinju se živci trošiti, raspadati, nastupa bolest »Beriberi«. Čim se kod takovog bolesnika promijeni dijeta, na pr. čim on počne jesti mlijeko, jaja, meso, povrće itd., kreće bolest na bolje i nastupa ozdravljenje.

C. Funk je oko god. 1911. pristupio k istraživanju, kakova bi to mogla biti tvar u rižinoj kori, u t. zv. rižinoj kliji, zatim u mlijeku, kvascu i u drugoj našoj običnoj hrani, koja ima sposobnost, da liječi »Beriberi«, odnosno da u normalnim prilikama hrani naše periferno živčevlje tako, da ne zapane u tu ili u neke druge bolesti, kaošto su pelagra, škorbut, Barlowova bolest itd., koje je on nazvao bolestima parcijalnog (djelomičnog) nedostatka hrane (»deficiency diseases«). Bolesti te nastupaju naime kraj potpunog obilja normalnih hranivih tvari, samo ako tim tvarima nedostaje posebne jedne, dosad nepoznate sastojine, što ju je Funk nazvao vitamin.

A šta su ti vitamini, kakav im je kemijski sastav?

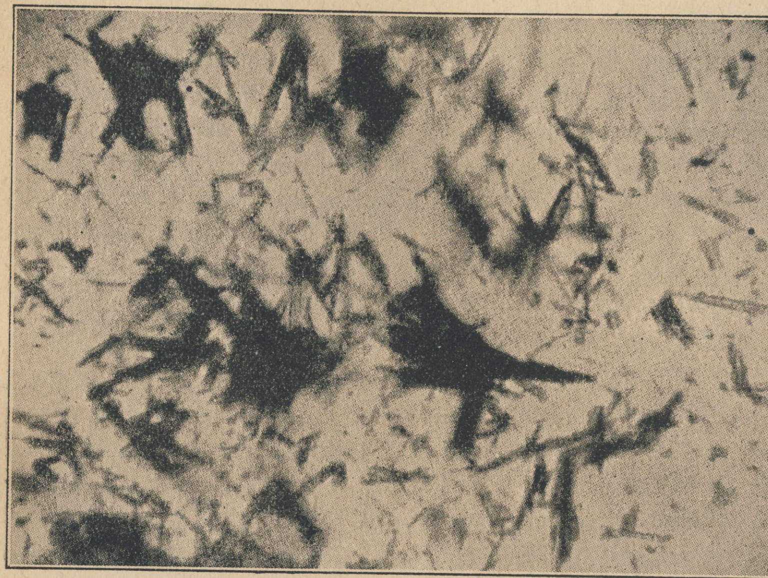
Funk tvrdi, da mu je pošlo za rukom izolirati iz rižine klije, a još bolje iz prešanog kvasca tvari, koje po svom kemijskom sastavu ne spadaju ni među masti, ni lipoide, ni ugljikohidrate, ni proteine, a dobio ih je dapače u lijepim lečićima, što ih prikazuje mikrofotogram (Sl. 23.).

Iz kemijske formule, koju Funk bilježi ovako:



razbiramo, da su molekule Funkova vitamina relativno malene, da imaju dušika i da se taj dušik nalazi u molekulama vitamina slično vezan kao i u purinskim i pirimidinskim bazama, o kojima će biti dalje govora. Ne ćemo se pobliže upuštati u prikazivanje metode, kako je Funk iz 75 kg. svasca došao do neko 0.5 grama svojih kristalića, niti u to, da li je kemijski sastav njihov onakav, kako ga prikazuje Funkova formula. Istaknut ćemo samo još fakat, da su ti kristalići lijek protiv »Beriberi«-bolesti, da je Funk, oslanjajući se uvijek na pokuse životinjama, (radio je najviše golubovima,) koje su pokazivale simptome umjetno izazvane te bolesti, iz velike mase izlaznog materi-

jala postepeno izolirao sve ljekovitiji i ljekovitiji preparat i tako dobio aktivnu sastojinu u koncentriranoj formi. Da li je to čisti vitamin i da li vitamini upravo ovakovog kemijskog sastava imaju ono veliko znamenovanje, kao minimalne ali neophodno nužne sastojine naše i životinjske hrane, kako to zastupa Funk, pokazat će daljnja istraživanja. Ujedno se razbira, (riža, kvasac,) da su i vitamini kao i ostala važna organska građa živih bića produkti djelatnosti bilinskih stanicâ!

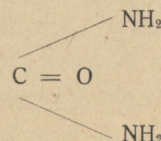


Sl. 23. Mikrofotogram „Beriberi" — vitaminskih kristala iz kvasca.

Uz vitamine ćemo spomenuti nadalje još nekoje organske spojeve, koji imaju u sebi dušika, a nalaze se sad stalno, sad prolazno u živim bićima, sad u manjim, a sad opet u većim količinama. Oni su većinom produkti kemijskih promjena, koje se u organizmima neprestano zbivaju s glavnim dušikovim kemijskim materijalom, što smo ga upoznali kao proteine ili bjelančevine. Spojevi su ti važni za promatranje kemijskih promjena u živim bićima, s kojima ćemo se pobliže upoznati u trećem dijelu ove knjige. To su primjerice:

1. Mokraćevina ili karbamid, spoj, koji nastaje raspadanjem i pretvorbom proteinâ u našem i životinjskom tijelu te se iz njega kao

nepotrebna sastojina izlučuje kroz bubrege. Mjesto, gdje se stvara mokraćevina, jesu j e t r a, ali se mokraćevina stvara jamačno i u drugim organima tijela. Kemijski joj je sastav jednostavan CON_2H_4, a strukturna formula:

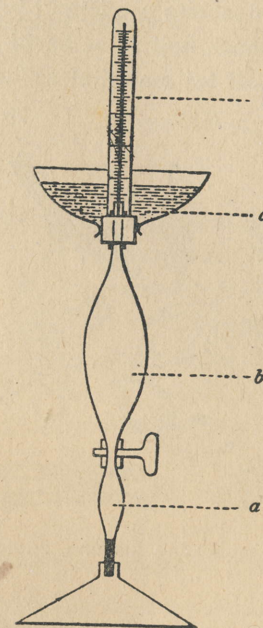


pa ju je zato lako i umjetno načiniti. Baš je mokraćevina bila p r v i organski spoj, što ga je pošlo za rukom sintetizirati iz anorganskog materijala (F. W ö h l e r 1828.). Bijeli su to kristalići, lako topivi u vodi, a odrastao čovjek izlučuje ih oko 30 gr. dnevno u svojoj mokraći. Drži se, da kod t. zv. izmjene tvari u našem organizmu, kod sagorijevanja hranivog materijala u njemu, gotovo s v a potrošena količina proteinâ ostavlja naše tijelo u obliku ovog jednostavnog dušikovog spoja. U tom i jest njegova važnost. Količinu mokraćevine odredit ćemo u mokraći na razne načine, tako primjerice pomoću aparata, prikazanog na slici 24.

Metoda se ta sastoji u tom, da se pomoću bromove lužine, t. j. pomoću tekućine, koju smo načinili tako, da smo otopili 100 gr. natrijeve lužine u 250 cc. vode, a tomu dodali 25 cc. broma, može iz mokraće istjerati sav onaj dušik u o b l i k u p l i n a, što se nalazi u mokraćevini. Nalijemo li dakle u prostor *a* našeg aparata 5 cc. mokraće, pa je zatvorimo pipcem, a onda nalijemo u prostor *b* sve do polovice *c* bromove lužine, u koju uronimo kalibiranu cijev (također napunjenu lužinom!) upravo nad otvorom cijevi, u kojoj je zatvorena mokraća. Kad se otvori pipac i lužina dođe u doticaj s mokraćom, dušik se oslobodi kao plin i ode u kalibriranu cijev. Iz količine dušika, t. j. iz broja kubičnih centimetara dušika može se onda izračunati količina mokraćevine u 5 cc. mokraće, a prema tomu i u cijeloj količini mokraće, što ju čovjek izlučuje na dan.

2. K r e a t i n i k r e a t i n i n dušikovi su spojevi, koji su srodni mokraćevini po svom kemijskom sastavu, pa se prema tomu također dovode u vezu s promjenama proteinâ u organizmu. I to, k r e a t i n se nalazi u mesu ili mišićima i može se kuhanjem mesa u vodi izvući (ekstrahirati) iz njega. Mi ga dakle jedemo u govedjoj juhi! K r e a t i n i n pak nastupa kao i mokraćevina u mokraći, dakako u daleko neznatnijoj količini.

3. K a r n o s i n je u novije vrijeme otkrivena sastojina mesa, koja se također nalazi u vodenom ekstraktu u znatnijoj količini. Na svaki kg. mesa otpada neko 2 do 3 grama karnosina! No po svom kemijskom sastavu ne stoji u vezi s mokraćevinom, nego s aminokiselinama. I to drži se, da je dipeptid, koji je nastao udruženjem histidina i alanina.



Sl. 24. *Knop-Hüfnerov* aparat
za određivanje količine mokraćevine u mokraći.

4. M o k r a ć n u k i s e l i nu spomenut ćemo također u vezi s mokraćevinom. I ona je dušikov spoj točno proučenog kemijskog sastava, a spada prema istraživanju E. F i s c h e r a u grupu t. zv. p u r i n s k i h t j e l e s a, što smo ih spomenuli kod nukleinske kiseline, koja izgrađuje nukleoproteide. Zato se i drži, da i mokraćna kiselina, što se nalazi u živim bićima, u normalnim i patološkim slučajevima nastaje iz nukleoproteida, dakle stoji u vezi s izmjenom tvari proteinske naravi. Njene su soli u vodi topive, ali ona sama nije u vodi topiva. Zato ćemo je dobiti u obliku malenih, smeđe bojadisanih kristalića,

koji su povećani nalik na brusove (vidi sliku 25.), na pr. iz čovječje mokraće, gdje uvijek ima nešto malo soli (natrijevih, amonijevih), mokraćne kiseline, ako dodamo stanovitoj količini mokraće (na pr. količini od 500 cc.) solne koncentrirane kiseline (25 cc.) i ostavimo tu smjesu da stoji 48 sati u hladnom prostoru. Na površini tekućine i po stijenkama posude istaložit će se mokraćna kiselina u obliku spomenutih, karakterističnih lečića.

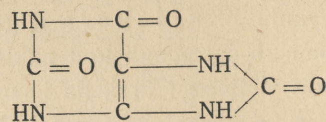
Mokraćne kiseline ima osobito u ptičjim i još više u zmijskim ekskrementima, pa su istraživaoci, koji su se bavili proučavanjem tog kemijskog spoja, upotrebljavali taj materijal za dobivanje mokraćne kiseline u većim količinama.



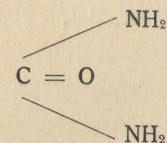
Sl. 25. Kristali mokraćne kiseline, znatno povećani.

A zašto je E. F i s c h e r uvrstio mokraćnu kiselinu među t. zv. p u r i n s k a tjelesa i šta to ime znači?

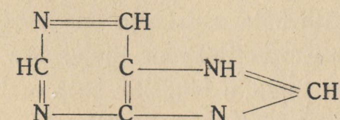
Proučavanje kemijskog sastava mokraćne kiseline pokazalo je, da su se ugljikovi i dušikovi atomi u molekuli njezinoj povezali međusobno u ovakov sastavljeni prsten:



Gledamo li ovu strukturnu formulu mokraćne kiseline, to ćemo razabrati, da se u njoj nalaze dva preostatka od mokraćevine, kojoj smo već formulu napisali kao:



Ali u drugu ruku mokraćna se kiselina po svojoj strukturnoj formuli može dovesti u savez — kako je to E. F i s c h e r učinio — s umjetno načinjenim organskim spojem, što su ga nazvali p u r i n, a strukturna mu je formula ovakova:



Na istu ovu strukturnu formulu (jezgru) daju se svesti izim mokraćne kiseline još i drugi neki organski dušikovi spojevi, pa ih zovu jednim imenom p u r i n i ili purinska tjelesa (purinske baze). Rekli smo, da su purinska tjelesa izolirali iz n u k l e i n s k e k i s e l i n e, a kako je ova kiselina sastavni dio važne grupe bjelanjčastih tvari, što ih zovu n u k l e o p r o t e i d i, to odatle slijedi, da su i purinska tjelesa i proučavanje njihovih svojstava u vezi sa stvaranjem i rastvaranjem proteinâ u živim bićima. Zato smo ih ovdje i spomenuli! Zanimljivo je, da se i neke djelotvorne sastojine bilinskog porijekla, na pr. k o f e i n iz kave i čaja, zatim t e o b r o m i n iz kakaa, također svađaju po svojoj unutarnjoj kemijskoj građi na purinski prsten.

Predaleko bi nas odvelo, da se upustimo u pobliže opisivanje najrazličitijih još nespomenutih organskih spojeva, koji su do danas nađeni u biljkama i životinjama. Mnogi su od njih vezani samo na stanovite bilinske i životinjske vrsti, dakle nijesu važni kao općenita kemijska građa živih bića. Ali su zato važni sad kao ljekovite, sad kao tehnički uporabive tvari, tako da se njima bave posebne grane prirodnih nauka. Takova su primjerice tjelesa bilinski otrovi ili a l k a l o i d i, kaošto su na pr. nikotin, kinin, morfin, za koje se mora priznati, da su od vanredne naučne, a i praktične važnosti za život čovjekov na našoj Zemlji. Postoje dakako i životinjski otrovi.

T e r p e n i, k a m f o r i, k a u č u k, g u t a p e r č a, također su zanimljive i tehnički važne tvari iz bilinskog carstva, isto tako kao i razne bilinske s m o l e i m i r i s n e t v a r i. No mi se ovdje ne možemo

upuštati u prikazivanje njihovih kemijskih svojstava. Samo smo ih spomenuli, da se vidi obilje najraznoličnijih produkata, što ih neprestano stvara neutrudiva i nedostiživa kemijska tvornica, zelena bilinska stanica. Time dakako nije još iscrpljen niz organskih sastojina živih bića.[1]

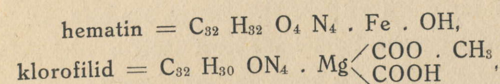
Zadržat ćemo se samo još malo kod jedne grupe organskih spojeva u živim bićima. To su p r i r o d n e b o j e živih bića. Tko se nije njima naslađivao, promatrajući ih u cvjetnom vrtu, na šarenoj ptici ili u koži čovječjoj! Jednu smo od njih već upoznali među proteinskim tjelesima, a to je c r v e n a b o j a krvi, h e m o g l o b i n. U velikom broju ostalih životinjskih boja zauzimlje ona posebno i važno mjesto kao prenosilac kisika u životinjskom tijelu, bez kojeg kisika nema života. Isto je tako i u šarenilu bilinskih bojâ osobito jedna od dominantne važnosti za život na našoj Zemlji, a to je z e l e n a b o j a lišća bilinskog, koja se obično zove k l o r o f i l.

Gledamo li zelenu bilinsku stanicu pod mikroskopom, to ćemo kod dosta znatnog povećanja razabrati u polutekućoj protoplazmi malena zrnca, koja izgledaju primjerice, kako nam to pokazuje slika 26.

Taremo li zeleno lišće ili druge zelene bilinske dijelove s alkoholom, to će alkohol izvući iz biljke zelenu jednu boju, obojadisat će se zeleno i promatramo li tako dobivenu tekućinu spram svijetla, to ćemo vidjeti, da opalescira, t. j. prelijeva se u raznim bojama. To je klorofil, otopljen u alkoholu. Kemici su nastojali, da pobliže prouče tu zelenu boju, koja igra vanredno važnu ulogu kod hranjenja bilja iz uzduha, jer bez nje ne može biljka asimilirati ugljičnog dvokisa. Do danas im je pošlo za rukom baciti dosta jasan pogled u kemijski sastav te boje. Kod toga su stekli osobitih zasluga istraživaoci L. M a r c h l e w s k i i R. W i l l s t ä t t e r. Zanimljivo je, kako se je pokazalo, da postoji sličnost u kemijskom sastavu crvene boje naše krvi i zelene boje lišća! Isprva se je mislilo, da su te dvije boje po kemijskom sastavu posve srodne, no danas se zna, da je između njih sličnost samo u tom, što se h e m a t i n, koji smo upoznali kao sastavni dio hemoglobina, sastoji od slično građenih sastavnih dijelova kao i t. zv. k l o r o f i l i d, koji izgrađuje klorofil zajedno s f i t o l o m. Dakle: hemoglobin = globin + hematin, a klorofil = klorofilid + fitol. I sad postoji donekle srodnost

[1] Potpuni popis i prikaz dosad dobivenih spojeva iz biljaka i životinja nalazi se u djelu „Biochemisches Handlexikon", obrađenom pod redakcijom E. A b d e r h a l d e n a u 10 svezaka 1911.—1915.

između hematima i klorofilida u njihovoj unutarnjoj građi, kako se to već razbira iz ovako napisanih njihovih kemijskih formula:



$$\text{hematin} = C_{32}\,H_{32}\,O_4\,N_4\,.\,Fe\,.\,OH,$$

$$\text{klorofilid} = C_{32}\,H_{30}\,ON_4\,.\,Mg\genfrac{}{}{0pt}{}{\diagup COO\,.\,CH_3}{\diagdown COOH},$$

a još bolje dakako iz njihovih strukturnih formula, u koje se mi ovdje ne ćemo upuštati. Oba ova spoja imaju u sebi uz organogene elemente još i kovinske elemente, i to hemoglobin željezo (Fe), a klorofil magnezij (Mg). Iz toga se odmah razbira, od koje su važnosti željezni i magnezijevi spojevi kao hrana bilja i životinja. No dublja se veza između hemoglobina i klorofila ne može zasad konstatovati, jer na žalost



Sl. 26. Klorofilna zrnca u bilinskoj stanici i izvan nje.

o postanju i stvaranju jedne i druge boje u živim stanicama ne znamo još ništa sigurno osim toga, da su im počeci isto onako jednostavne anorganske sastavine tla i uzduha, kao i vascijelom organskom materijalu, koji izgrađuje ž i v a bića i što se stvara u njima. G l o b i n pak iz hemoglobina i f i t o l iz klorofila nemaju ništa zajedničko; prvi je bjelanjčasti spoj, a drugi ($C_{20}\,H_{39}\,OH$) spada u grupu spojeva, koja se u organskoj kemiji zove alkoholima. O ulozi klorofila i hemoglobina i njihovim promjenama u živim bićima bit će još govora kasnije. Zasad ćemo spomenuti, da zeleno lišće mnogog bilja u jesen p o ž u t i, jer iz stanica nestaje zelene boje, klorofila, a žuta boja stupa na njegovo mjesto zato, jer stanice,

koje u biljci uopće imaju bojadisana zrnca, (zovu ih kloroplasti,) imaju uz zeleni klorofil u sebi još jednu stalniju i otporniju žutu boju, koja se zove ksantofil. Jer je stalnija, duže se u jesen održi u lišću. No i crvena boja naše krvi stoji u vezi s jednom žutom bojom. Žuta naime boja žuči, zovu je bilirubin, stvara se, kako je posve sigurno dokazano, iz hematina. Žuč teče normalno u probavnu našu cijev i to u tanko crijevo; bilirubin se djelomice resorbira, t. j. vraća natrag u krv, a djelomice izlazi iz našeg tijela i bojadiše ekskremente žuto. Zabrtvi li se cjevčica, koja odvodi žuč iz žučnog mjehura u tanko crijevo, to se bilirubin, žuta boja žuči, raziđe krvlju po našem tijelu i obojadiše našu kožu žutom bojom. Bolest se ta zove žutica ili ikterus.

Toliko konačno o bojama u živim bićima.

Kako smo rekli, osim navedenih organskih spojeva nalaze se u biljkama i životinjama još najraznoličnije poznate i još nepoznate sastojine. U organizmima teku naime neprestano i postepeno kemijski procesi i u smjeru izgrađivanja ili asimilacije organskih spojeva i u smjeru razgrađivanja ili disimilacije organskih spojeva. Ideal je biokemije, da tako daleko zaviri u postepeni niz jednih i drugih procesa, da bi nam bilo moguće točno kemijski pratiti i protumačiti put, recimo na pr. jednog dušikovog atoma, koji je u obliku salitre (KNO_3) ušao u biljku, ondje sudjelovao kod izgradnje jednostavnih i sve kompliciranijih dušikovih organskih spojeva, kao sastavni dio molekule jednog proteina prešao iz biljke u naše tijelo, u njemu prošao najrazličnije faze u smjeru asimilacije i disimilacije, i napokon izašao iz našeg tijela u obliku amonijaka (NH_3) u mokraći. No od tog smo ideala još vrlo daleko! Istom smo, da tako reknemo, s obzirom na naše znanje o svimkolikim promjenama u izmjeni kemijske građe živih bićâ, u stadiju vratara velike i tajnovite kemijske tvornice. Kaošto vratar takove tvornice vidi i poznaje materijal i sirovine, što se u tvornicu uvoze, i onda gotove produkte, koji se izvoze, a o promjenama i aparatima u samoj tvornici zna malo ili ništa, tako nekako stoji i biokemija još uvijek u ulozi vratara pred velebnom i nedokučivom kemijskom tvornicom, što ju zovemo živom stanicom ili celulom. Ali ne stoji dremovno i skrštenih ruku, nego upire sva svoja osjetila i sva raspoloživa kemijska i fizikalna pomagala, da zaviri u tu tajnovitu kemijsku tvornicu i da riješi zagonetke, što ih ona krije u sebi.

III.

Nekoji fizikalni i kemijski procesi u živim bićima.



Već sama činjenica, da su organizmi kadri stvarati svoje masti, ugljikohidrate, proteine i sve ostale organske spojeve iz sasma jednostavnog anorganskog materijala, govori nam jasno, da u živoj stanici i u cijelim višestaničnim organizmima moraju vladati takove prilike za realizaciju najraznoličnijih fizikalnih i kemijskih procesâ, kakove ne vladaju ni u najsavršenijem kemijskom laboratoriju ili kemijskoj tvornici. Ako još k tomu dodamo, da su i svekolike šarene manifestacije života bilinskog, životinjskog i čovječjeg — u što dakako vrlo mnogi ne vjeruju — posljedica, neka komplicirana rezultanta fizikalnih i kemijskih procesa u živim bićima, onda nas sposobnosti žive stanice moraju zaokupiti ne samo osobitim udivljenjem i strahopočitanjem, nego i mišlju, da gotovo i ne može biti, da bi kemiji i fizici ikada pošlo za rukom razmrsiti vrzino kolo kompliciranih pojava i promjena, što se zbivaju u živim bićima.

No kemija se i fizika ne da tom pomišlju zaustaviti na svom putu, kojim je smiono pošla, da oživotvori najviši naučni ideal, t. j. da riješi problem života. Uporno i neustrašivo penje se ona svojim mučnim i teškim putem i osvaja polako stepenicu za stepenicom, koje vode u nedosežne visine ... Danas stojimo istom na prvim, najdonjim stepenicama.

Jedna takova stepenica je pogled u fizikalno stanje kemijskog materijala, koji izgrađuje živa bića.

Alkemisti su već govorili: Corpora non agunt nisi dissoluta, t. j. razna tjelesa izvode kemijske promjene jedino u otopljenom, u tekućem

stanju. Vascijelo iskustvo naučne kemije potvrđuje tu alkemističku izjavu. Potpuno suha, kruta tjelesa mogu godinama i godinama stajati u doticaju, te da između njih ne dolazi do kemijskog procesa, a ako stavimo u doticaj vodene njihove otopine, odigrat će se odmah između njih kemijska promjena, koja će dovesti do postanja novih tjelesa, s novim svojstvima. No ne mora to biti — ma da je to ponajčešće slučaj — vodena njihova otopina! Mi možemo dotična suha tjelesa otopiti i u kojoj drugoj tekućini, u kojoj su topiva, na pr. u špiritu, ili ih zagrijevanjem rastaliti i tako pretvoriti u tekućinu, te ih onda staviti u doticaj, pa ćemo i na taj način izazvati laglje kemijsku promjenu. Kemijsko naime spajanje odigrava se jamačno između najmanjih čestica tvari, od koje su izgrađena dotična tjelesa, — obično zovemo te najmanje čestice tvari atomi, — i nema sumnje, da će atomi dotičnih tvari to laglje doći u doticaj, što su te tvari većma raspršene i razdijeljene na što manje čestice u nekom mediju.

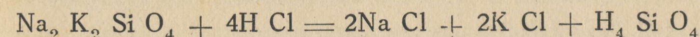
Već je u ovoj knjizi bilo govora, kako je u tom pogledu jedan od najboljih i najuniverzalnijih medija voda. I to u jednu ruku zato, jer je voda indiferentno otapalo, tekućina, koja otapajući neko tijelo ne dira u kemijski njegov karakter, a u drugu zato, što se u vodi vrlo lako raspršuju mnoga tjelesa (u prvom redu anorganske soli, kiseline i baze!) još na manje čestice, nego što su one, što ih zovemo molekule, na čestice, koje nastaju nekim drobljenjem i raspadanjem molekulâ djelovanjem vode, a zovemo ih ionti. Ionti su atomi ili atomske skupine, nabijene elektricitetom, koje slobodno plivaju po vodi; zato se i zbivaju kemijske promjene najbrže i najlaglje, kad pomiješamo vodene otopine onih tjelesa, koja se u vodi raspadaju na ionte. Poradi svoje sposobnosti otapanja i ionizacije dobila je voda prvo i najodlučnije mjesto kod svihkolikih kemijskih promjena, što se zbivaju neprestano na našoj Zemlji, pa tako i kod onih, što se odigravaju u živim bićima.

No živa bića, — počevši od onih, što su izgrađena samo od jedne stanice, pa sve do čovjeka, — u kojima se neprestano odigravaju najraznoličniji i vrlo komplicirani kemijski procesi, nijesu jednostavne vodene otopine, jednostavne tekućine, spremne da svaki čas stupe u kemijsku reakciju. Živa bića pokazuju osim toga sad veću sad manju čvrstoću. U njima se uz obilje vode (50—80%) i u vodi otopljenih tjelesa nalazi i krutog materijala; u svakoj živoj stanici, kaošto i u

svakom organizmu, teku paralelno dvije faze, tekuća i kruta, i baš je za organizme i procese u njima karakteristično, da neprestano jedna faza prelazi u drugu i obrnuto. To fizikalno stanje kemijske građe u živim bićima nazivlje se koloidno stanje materije. Zato velimo, da su organizmi izgrađeni od koloidnog materijala.

Pa što su to koloidi i čime se odlikuje koloidno stanje materije?

Koloidima možemo nazvati sva ona tjelesa, koja izmiješana s nekom tekućinom, najobičnije s vodom, čine s njom otopinu posebnih svojstava. Englez Graham podijelio je još god. 1861. sve otopine u dvije skupine. U jednu spadaju takove otopine, iz kojih može otopljeno tijelo lako prodirati kroz sićušne pore, ako mu se za to dade prilika, a u drugu je skupinu Graham svrstao takove otopine, iz kojih otopljeno tijelo ne može prodirati kroz sićušne šupljinice. Prve je otopine nazvao kristaloidnima, a druge koloidnima. Metnemo li na pr. u cijev od pergamenta, što nam ju prikazuje slika 19., sasma bistru tekućinu, vodenu otopinu, koju smo priredili tako, da smo pomiješali u vodi t. zv. vodeno staklo (»Wasserglas«) i solnu kiselinu, i uronimo tu cijev u posudu s čistom vodom, to ćemo nakon nekog vremena moći konstatovati, da voda u izvanjoj posudi nije više čista, nego ima u njoj otopljenih soli, a razvežemo li cijev od pergamenta i izlijemo iz nje tekućinu u čistu čašu, to ćemo vidjeti, da nije više bistra, nego se zamutila, po njoj plivaju neke bijele pahuljice. Šta se je dogodilo kod toga? Vodeno je staklo spoj natrija i kalija s kremičnom kiselinom (formula: $Na_2 K_2 Si O_4$), solna je kiselina $H Cl$, pa kad smo ovo dvoje u vodi pomiješali, dobili smo bistru tekućinu, u kojoj se nalazi:



$$Na_2 K_2 Si O_4 + 4H Cl = 2Na Cl + 2K Cl + H_4 Si O_4$$

t. j. iz vodenog se je stakla djelovanjem $H Cl$ stvorila kuhinjska sol ($Na Cl$), kalijev klorid ($K Cl$) i kremična kiselina ($H_4 Si O_4$). I sad su kuhinjska sol i kalijev klorid počeli kroz pore pergamenta prodirati u vodu u izvanjoj posudi, — oni su dakle kristaloidne naravi, —, a kremična kiselina ($H_4 Si O_4$) nije to mogla; ona je ostala u pergamentnoj cijevi i to najprije otopljena, a kasnije se počela iz otopine dapače izlučivati kao bijele, lagane, drhtaliničaste pahuljice. Kremična je kiselina dakle tip koloidnog tijela.

Već je Graham otkrio čitav niz takovih koloidnih tjelesa i proučavao njihova svojstva i sposobnosti. No u novije je vrijeme ke-

mijska nauka svestrano obratila pažnju tim tjelesima i to zato, jer su vrlo raširena i važna u mrtvoj i u živoj prirodi. Što više, god. 1911. iznesao je ruski koloidni kemik P. P. pl W e i m a r n misao, potvrđenu mnoštvom eksperimenata, da je koloidno stanje materije o p ć e n i t o njeno stanje, pa prema tomu može svako kemijsko tijelo (individuum) postojati p r e m a p r i l i k a m a u kristaloidnoj i koloidnoj modifikaciji ili obliku. Mi možemo dakle u m j e t n o, zgodnim sredstvima dovesti vrlo mnoge tvari u koloidno stanje.

No nas zanimaju u prvom redu p r i r o d n i koloidi. A ti su baš u ž i v o j prirodi osobito zastupani. Bez koloidâ se uopće ne može zamisliti živo biće. Jer iz koloida se sastoje stanice i njihove membrane; krvni serum i bilinski sokovi jesu u bivstvu koloidne otopine. Želatina, koju dobivamo iz kože i kostiju, tipični je upravo koloid. Hemoglobin, što smo ga upoznali kao crvenu boju naše krvi, guma i gutaperča, a i kaučuk, što iz drveća cure, škrob i njegovi raspadajni produkti, nazvani dekstrini, zatim celuloza, kolodij, celuloid, svila i vuna, — sve su to koloidna tjelesa, a njihova je važnost poznata i u prirodnom kućanstvu i u čovječjoj industriji.

Nadalje se sastoji i naša hrana, i to najvažnije sastojine njezine, iz koloida; p r o t e i n i su koloidi par exellence. Ali i u mrtvoj prirodi, u carstvu rudâ i kamenja, ima koloidâ. Već spomenuta kremična kiselina ($H_4 Si O_4$) nalazi se u koloidnom stanju u izvorima, a osušena u obliku koloidne galerte stvara rude, od kojih je najodličniji predstavnik plemeniti opal. Koloidi tla igraju vrlo veliku važnost u gospodarstvu. Holandeski istraživač v a n B e m m e l e n dokazao je brojnim pokusima, kako su baš koloidne sastojine tla onaj faktor, što topive anorganske soli, koje biljci služe za hranu, zaustavlja te ih tako čuva i privodi biljkama. Gnojenje kalijevim solima, topivom fosfornom kiselinom i fosfatima, salitrom i amonijevim solima, ne bi imalo gotovo nikakove važnosti za gospodarstvo, kad ne bi koloidi oranice sve te tvari svojom sposobnošću apsorpcije (upijanja) u sebi zadržavali i trajno privodili k biljnom korijenju!

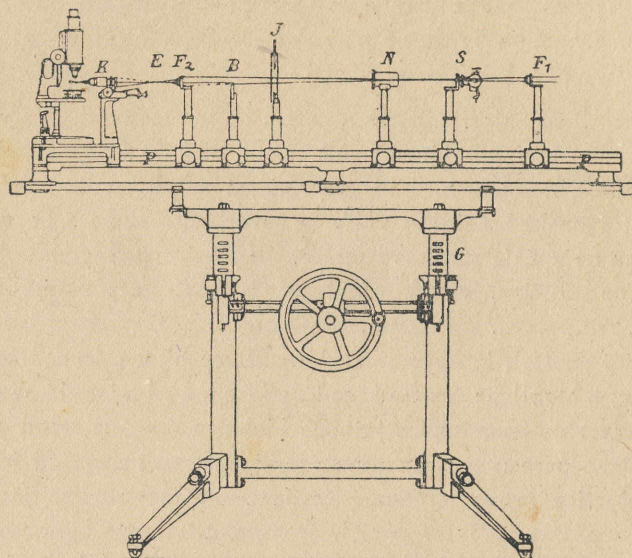
I u kemijskoj je industriji potrebno obazirati se na koloide zato, jer su mnoge sirovine koloidnih svojstava. Imajući to na umu pošlo je za rukom mnoge tehničke procese, na pr. u industriji cementâ, bojâ itd. usavršiti i objasniti. I na području fotografske nauke pokazao se je povoljni utjecaj koloidne kemije.

Iz svega se ovog razbira, da koloidno stanje materije zaslužuje posebnu pažnju, osobito sa strane biokemije. Organskim naime koloidima pripada važna zadaća u ekonomiji žive prirode. No i anorganski su koloidi zanimljiv predmet kemijske nauke, a jer su oni jednostavnija kemijska tjelesa, nego organski koloidi, to je dakako nauka, proučavajući anorganske koloide, nastojala prodrijeti što dublje u narav koloidnog stanja materije uopće. Spomenut ćemo ukratko nekoje najvažnije rezultate i metode toga naučnoga rada, da uočimo razloge, z a š t o j e b a š k o l o i d n o s t a n j e m a t e r i j e u ž i v i m b i ć i m a o d z n a m e n o v a n j a z a k e m i j s k e i f i z i k a l n e p r o c e s e, š t o s e u n j i m a z b i v a j u.

Pitamo li se najprije, u čemu se razlikuje obična ili p r a v a o t o p i n a, na pr. otopina kuhinjske soli u vodi, od k o l o i d n e o t o p i n e, na pr. otopine kremične kiseline (anorganski koloid) ili otopine bjelanca jajnoga (organski koloid) u vodi, to se prostim okom i po vanjskim svojstvima ne uočuje nikakova razlika. Jedna i druga otopina b i s t r e su prozirne tekućine, jednakog izgleda i svojstva na površini, u sredini i na dnu. Ali pojava, koju smo opisali kao t. zv. G r a h a m o v u d i a l i z u (vidi sl. 19.), iz koje se razbira, da otopljene čestice kuhinjske soli mogu, a otopljene čestice kremične kiseline — a isto bi se dalo dokazati i za otopljene čestice jajnoga bjelanca — ne mogu prodirati kroz malene pore u pergamentnom papiru, govori nam, da je razlika između čestica prave otopine i čestica koloidne otopine jamačno u njihovoj v e l i č i n i. I to: premda je otopina jajnoga bjelanca ili otopina kremične kiseline posve bistra i prozirna, to po njoj plivaju daleko veće čestice, nego li po otopini kuhinjske soli. A kako otopljene čestice kuhinjske soli u vodi zovemo molekulama i iontima, to moraju biti koloidne čestice neke nakupine, neki aglomerati molekulâ, relativno doduše znatno veći od samih molekula, ali još uvijek tako maleni aglomerati, da ih p r o s t i m okom ne razbiramo. No ne razbiramo ih još ni pod mikroskopom. Stavimo li kap otopine kuhinjske soli ili opet kap otopine kremične kiseline ili otopine jajnoga bjelanca pod obični mikroskop, to u tim pojedinim kapljama ne ćemo vidjeti ni molekulâ, ni ionatâ, ni koloidnih česticâ, — očito, jer su još uvijek tako malene, da ne mogu reflektirati svjetlosnih valova toliko, da bi pali u naše oko. No tomu se može pomoći! Franceski istraživaoci A. C o t t o n i H. M o u t o n, a za njima njemački fizici H. S i e d e n t o p f i R. Z s i g-

m o n d y konstruirali su optičke sprave, u kojima se može svijetlo reflektirati od k o l o i d n i h česticâ iz inače bistre otopine. A onda možemo dobrim mikroskopom zamijetiti sliku tog refleksa.

Takova sprava, nazvana u l t r a m i k r o s k o p, služi za razlučivanje koloidnih i pravih otopina. Ultramikroskopom naime učinjene su koloidne čestice vidljivima (zamjetljivima), dok se molekule i ionti još uvijek nalaze izvan dohvata naših i aparatima zaoštrenih osjetila. Princip ultramikroskopije je ukratko ovaj: Kaošto danju ne vidimo



Sl. 27. Ultramikroskop.

zvijezdâ na nebu, jer nam obilno upada u oči direktno sunčano svijetlo, a istom nam noću postanu zvijezde vidljivima, tako možemo u potpunoj tami zamijetiti i vanredno malene čestice kao zvjezdice na nebu, ako su s a m o one jako osvijetljene, a naše su oči zaštićene od izvora svijetla, koji ih osvjetljuje. Isto tako razbiramo i stojeći u polumraku visokog hrama prašinu u zraku njegovu na onom mjestu, što ga osvjetljuje snop sunčanih zrakâ, koji ne pada na nas! Osvijetlimo li dakle jakim svijetlom vrlo tanki sloj koloidne otopine, zatvorene u posudici, koja se zgodno može promatrati samo kroz jedan prozorčić (ta se posudica zove kiveta) pomoću običnog mikroskopa, to ćemo u vidnom

polju mikroskopa razabrati, kako trepere i skaču sitne zvjezdice; to je refleks svijetla od koloidnih čestica, koje se giblju i plešu po koloidnoj otopini.

Slika 27. pokazuje namještaj aparata, kako su ih u tu svrhu složili S i e d e n t o p f i Z z i g m o n d y god. 1903.

Na lijevoj strani naše slike stoji obični mikroskop. Pod njegov objektiv smjesti se na posebni stolić kiveta tako, da možemo u nju gledati kroz mikroskop. Sve ostale sprave na našoj slici imaju tu zadaću, da se baci u kivetu š t o t a n j i, a l i š t o j a č i snop svjetlosnih zraka. Izvor svijetla (na pr. električna lučna svjetiljka, ali je dobro i sunčano svijetlo!) stoji na desnoj strani i zaklonjen je tako, da iz njega idu zrake svijetla redom kroz F_1 S, N, I, B, F_2 i K, dok ne dođu pod objektiv običnog mikroskopa na lijevoj strani. F, S, N itd. u istoj su visini smještene zbirne leće i uski otvori, kojima se polučuje što tanji ali što jači snop zrakâ. Kad ovaj padne sada u kivetu, u kojoj je čista voda ili na pr. prava koja otopina, to će zrake svijetla udariti u čestice u njoj. No molekule i ionti tako su vanredno sićušni, da nijesu kadri reflektirati toliko te zrake svijetla, da bi mi gledajući u kivetu kroz mikroskop vidjeli bilo kakovu sliku. Prave ili molekularne otopine ostaju zato u tim prilikama p o t p u n o t a m n e. No nalazi li se u kiveti koloidna otopina, to su njene čestice već tolike, da se od njih raspršuje svijetlo i mi to svijetlo razbiramo kao s v i j e t l e točkice ili zvjezdice u tamnom inače vidnom polju i to na onom mjestu i u onom sloju, kroz koji prolazi spomenuti tanki i jaki snop svjetlosnih zraka.

Ne možemo se ovdje zadržati kod podrobnosti ultramikroskopijskih istraživanja. Istaknut ćemo samo to, da je nauka o koloidima s otkrićem ultramikroskopa stupila u novi, savršeniji stadij, jer tom spravom ne samo da se mogu zamijetiti koloidne čestice, nego se mogu odrediti i njihove dimenzije, njihov p r o m j e r. Granica ultramikroskopske zamjetljivosti ide danas do čestica u promjeru od 6 $\mu\mu$. Što je dalje od toga, t. j. čestice, kojima je promjer manji od 6 $\mu\mu$, nijesu uopće više zamjetljive i približavaju se carstvu slobodnih molekula, nedokučivo sićušnih čestica materije, za koje se drži, da im se promjer vrti oko 1 $\mu\mu$. (Za promjer vodikove, dakle najmanje poznate molekule smatra se 0.1 $\mu\mu$, a za promjer hemoglobinove molekule, dakle jedne od najvećih, circa 2.5 $\mu\mu$!) Da se malo sprijateljimo s ovakovim dimenzijama,

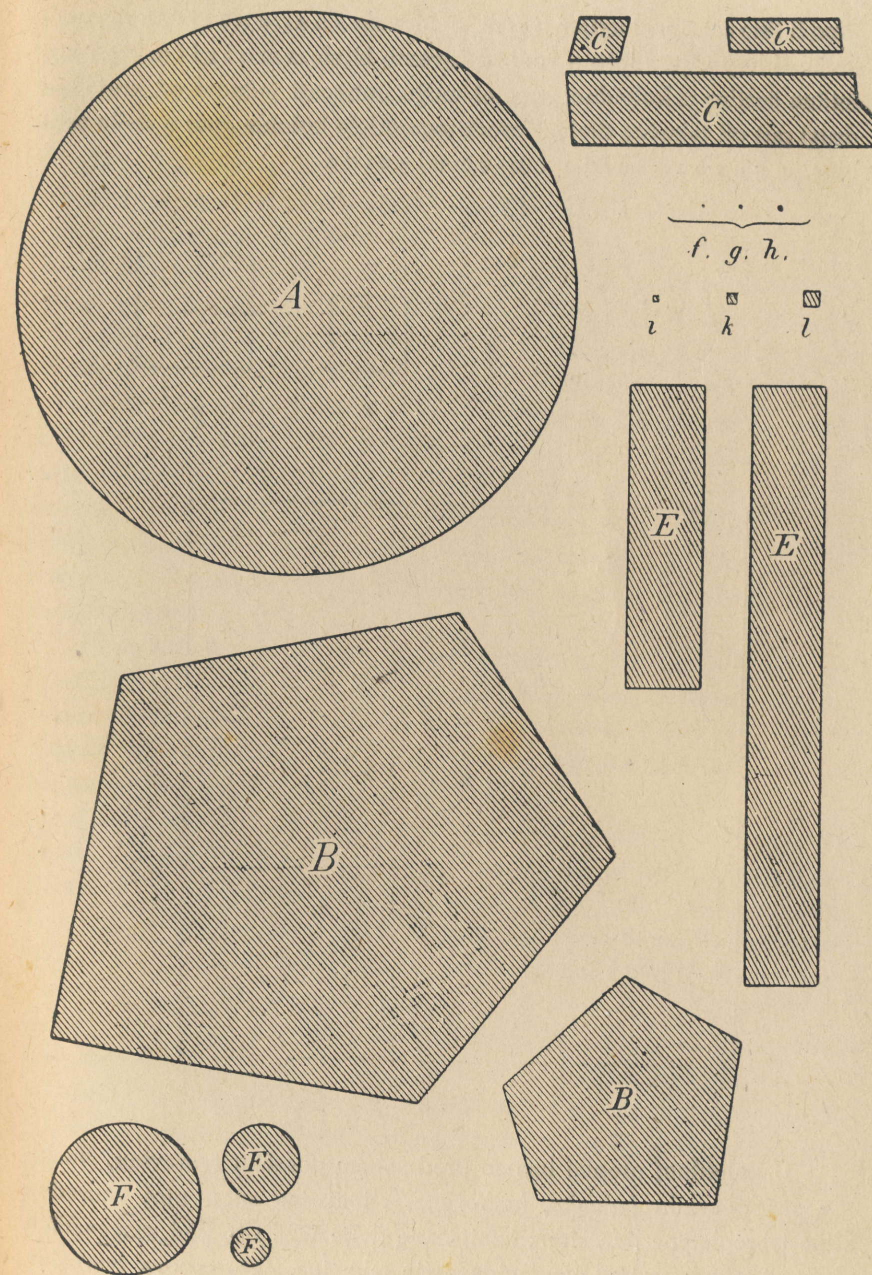
neka nam posluže naredne slike. (Vidi sl. 28.[1] i 29.[2]) U njima su prema mikroskopiranju i ultramikroskopiranju prikazana uvećana neka vrlo malena tjelešca, o kojima češće govorimo, a i ne pomišljamo na upravo nedokučivo malene dimenzije njihove. Za razumijevanje tih slika imam dodati još samo to, da su čovječja crvena krvna tjelešca (A na slici 28!) prostim okom nezamjetljiva i da sasma lako prolaze kroz pore papira za filtrovanje. A koliki su to kolosi spram koloidnih čestica zlata u otopini (f, g, h na slici 28.)!

Promatramo li i uspoređujemo li pomoću ovih slika onakove čestice, koje mogu postojati u sasvim bistroj i homogenoj, t. j. posvuda jednakoj otopini, to razbiramo, da doista mora biti razlika između koloidnih i kristaloidnih otopina. Nema sumnje, da i sva karakteristična svojstva koloidnih tjelesa u otopini ovise o relativno znatnim dimenzijama otopljenih čestica. Jedno je na pr. takovo svojstvo, da se koloidi iz svojih otopina, bilo spontano, bilo promjenom temperature, bilo djelovanjem drugih tjelesa, na pr. soli, alkohola itd. obaraju, istaložuju, ili kako se obično kaže, koaguliraju, prelaze iz »sol«-modifikacije u »gel«-modifikaciju. Taj prelaz može biti reverzibilan, t. j. istaloženi se koloid može opet lakom promjenom povratiti u otopljeno stanje, ali može biti i ireverzibilan, kad se koagulirani »gel«-koloid ne vraća više uopće u isto i potpuno jednako »sol«-stanje, iz kojeg je postao. Prema toj razlici mogu se koloidi podijeliti u dvije skupine, u r e v e r z i b i l n e i i r e v e r z i b i l n e k o l o i d e.

Razbiramo li prostim okom čestice raspršene u tekućini, onda zovemo takovu smjesu prema tomu, da li raspršene čestice potječu od k r u t o g tijela ili od t e k u ć e g: suspenzija ili emulzija. Na pr. razmu-

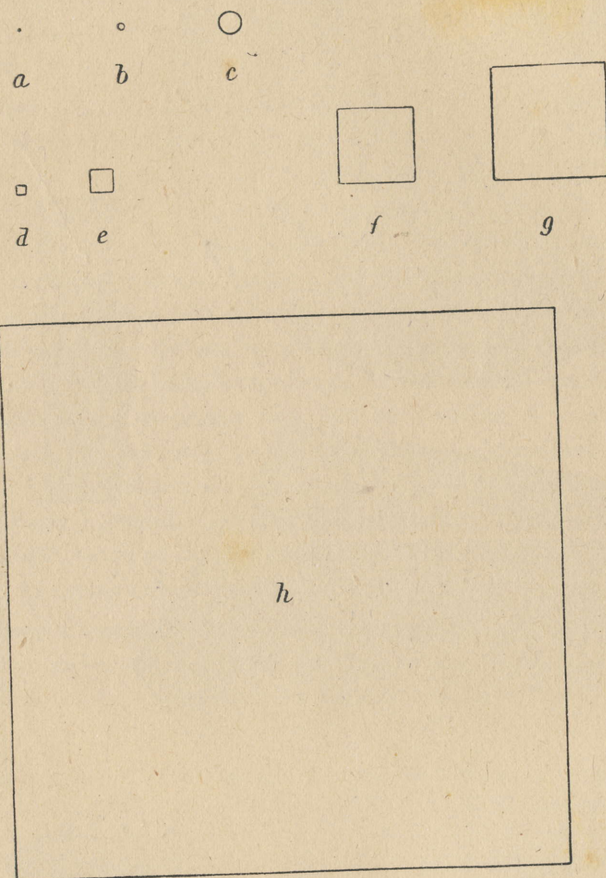
[1] **Sl. 28.** Povećanje 1 : 10.000: *A* crvena krvna tjelešca iz čovječje krvi (promjer 7·5 μ, debljina 1·6 μ). *B* komadići rižinih škrobnih zrnaca (3—8 μ u promjeru). *C* čestice ilovače, razmućene po vodi. *E* bakcili sakagije (širina oko 1 μ duljina 4—15 μ). *F* krugljaste bakterije (promjer oko 0·5—1 μ, rijetko 2 μ). *f, g, h* čestice iz koloidne otopine zlata (0·006—0·015 μ); *i, k, l* čestice koloidnog zlata iz zlatne suspenzije, koje se već staložuju na dno posude (0·075—0·2 μ).

[2] **Sl. 29.** Povećanje 1 : 1,000.000: *a* vodikova molekula (promjer 0·1 μμ), *b* molekula kloroforma (promjer 0·8 μμ), *c* molekula hemoglobinova (oko 2·5 μμ u promjeru), *d* koloidne čestice zlata u otopini (promjer 1 μμ), *e* isto (promjer 3 μμ), *f* isto (promjer 10 μμ), *g* isto (promjer 15 μμ), *h* koloidna čestica zlata, koje se je počelo taložiti iz svoje otopine.



Sl. 28

timo li fino razribani ugljen u vodi, dobivamo suspenziju, a razmućkamo li kap ulja dobro u vodi, dobivamo bijelu emulziju. No i koloidne čestice u koloidnoj otopini mogu potjecati jednom od krutog, a drugi put od tekućeg tijela. Poradi toga dijele koloide opet u dvije skupine, u suspenzoide i u emulzoide.



Sl. 29.

U koloidnoj otopini imamo pred sobom posebnu tvorevinu. Naoko je ona posvuda jednaka, homogena, ali uistinu su u njoj vanredno fino isprepletena dva sloja, izmiješane dvije faze i to kod suspenzoidâ kruta i tekuća, a kod emulzoidâ dvije tekućine. Zato takova tvorevina mora pokazivati važna svojstva, što ih obične ili prave otopine nemaju

uopće ili samo u neznatnim granicama. Jedno takovo svojstvo obratilo je na sebe pažnju istraživalaca koloidâ, a zovu ga apsorpcija i adsorpcija, t. j. upijanje i navlačenje na sebe drugih plinovitih, tekućih i krutih čestica.

Već je davno poznato, da porozna tjelesa, na pr. ugljen, stiva, (morska pjena, »Meerschaum«) itd. navlače na sebe plinove, boje, otopljene soli u znatnoj količini, pa se to njihovo svojstvo izrabljuje u industrijalne svrhe, na pr. za čišćenje ili rafiniranje sladora, za odstranjenje patoke (»Fuselöl«) iz špirita i za oduzimanje smrdeža raznim plinovima. Pojav se taj zove adsorpcija, a pokazuju ga izrazito i koloidi u svojoj »gel«-modifikaciji. Koloidne galerte kadre su adsorbirati znatne količine plinovitih i otopljenih tjelesa i to ne samo iz kristaloidnih, nego i iz koloidnih otopina. Drži se, da kod tog pojava adsorpcije djeluju koloidi svojom posebno građenom površinom, na koju se onda nakupljaju i u koju se upijaju razna tjelesa; jer površina koloidâ pravo se zamišlja da je sastavljena od vanredno sićušnih šupljinica i okanaca, što ih izgrađuju fino izmiješane i isprepletene čestice koloidâ.

Predaleko bi nas odvelo, da se upustimo u potanje prikazivanje ostalih svojstava koloidâ, kako ih tumači savremena koloidna kemija. Istaknuti nam je samo još to, da se ta nauka nalazi istom u počecima i da je još čeka mnogo posla za pravo objašnjenje zamršenih prilika na području anorganskih i organskih koloida.

Dobro, reći će tkogod, živa stanica i živa bića izgrađena su od kemijskog materijala, koji se nalazi većinom u koloidnom stanju. Pa zar je to od kakove osobite važnosti za kemijske i fizikalne procese, što se odigravaju u živim bićima? Zar smo time, što konstatujemo, da se u živoj stanici nalaze koloidi, unijeli štogod svijetla u tajnovite procese, koji se u njoj zbivaju!

Nema sumnje, da jesmo. Dok se je nekad držalo, da se organski kemijski materijal stvara i mijenja u živim bićima djelovanjem posebne mistične vitalne sile, danas možemo već iz ono malo svojstava, što su zapažena kod koloidâ, sigurno ustvrditi, da koloidno stanje kemijske građe organizama, u prvom redu proteinâ u živoj stanici, omogućuje ono posebno područje, one svaki čas promjenljive i labilne prilike, u kojima je stvorena povoljna prilika, da se ostvare takovi procesi, kakve nismo kadri izvesti u našim laboratorijima i našim tvornicama. Ali ne omogućuje ono sámo za sebe! Jer u živoj stanici, ka-

kogod izgleda naoko jednostavno građena, djeluje u prilikama, što ih stvara koloidno stanje, još mnoštvo drugih poznatih i nepoznatih faktora. No njihovo djelovanje ovisi baš o toj naoko neznatnoj ali važnoj činjenici, da se u živoj protoplazmi neprestano miješaju i dolaze u doticaj prave i koloidne otopine, a ove potonje neprestano prelaze iz »sol«-modifikacije u »gel«-modifikaciju i obrnuto. Svojstva pravih otopina u jednu ruku, a u drugu ruku svojstva koloidnih otopina i koloidnih galerta, uz kemijsku narav i kemijske agencije, od kojih su izgrađene jedne i druge, a nama su danas slabo ili nikako poznate, čine zajedno velebni kemijski laboratorij: živu stanicu. Evo nekojih procesa i faktora iz tog laboratorija!

1. Osmoza i osmotički tlak.

O značenju vode za život organizama bilo je već govora u ovoj knjizi. Ona stupa u doticaj sa svim ostalim anorganskim i organskim materijalom i na taj način dovodi kemijske sastojine organizama u ono posebno stanje, u kojem je moguće, da se zbivaju neprestano najrazličitiji kemijski i fizikalni procesi, potrebni za održanje života i životnih pojava. Ona stvara i kristaloidne ili prave otopine i koloidne ili prividne otopine kemijske građe živih bića, iz kojih se otopinâ izlučuje i stvara kruta modifikacija, kruti i čvrsti sastavni dijelovi živih bića, i u kojim se otopinama nadaje najzgodnija prilika za svekolike kemijske i fizikalne promjene. Rekli smo već jednom, da se organizmi mogu smatrati posudom, u kojoj se nalaze najraznoličnije vodene otopine, a građena je ta posuda ponajviše iz koloidnog materijala.

Iz toga slijedi, da voda mora neprestano ulaziti u živa bića, prodirati u stanice i staničja njihova. I doista čaša vode, koju ispijam, razilazi se za kratko vrijeme po cijelom mojem tijelu, dospijeva i do ganglijskih stanica mojeg mozga i do stanica u mišicama mojeg nožnog palca. Isto se tako voda iz tla penje kroz stablo u grane i grančice gorostasnog hrasta, da prodre u žilice zelenog lišća, a preko ovih u svekolike stanice zelenog lista, u kojima omogućuje najzamršenije i najvažnije kemijske procese na našoj Zemlji. U tim se naime stanicama izgrađuje, sintetizira iz jednostavnog anorganskog materijala tla i uzduha organska građa živih bića, u prvom redu ona, što smo je upoznali pod imenom ugljikohidrata.

Pitanje je, šta tjera vodu na taj put? Zašto ona iz želuca i crijeva ulazi u našu krv, zašto se penje protiv zemaljske teže do krošnje i lišća visokog hrasta? Šta se nalazi već u najjednostavnijem organizmu, u jednoj jedinoj stanici, da je kadra upijati u sebe vodu, bez koje joj nema života? I to upijati do stanovite granice, da se vodom odviše ne razrijedi i ne raskvasi materijal, od kojeg je građena.

Nema sumnje, da ta pojava nije tako jednostavna, kako se na prvi mah čini. Odgovornost za važni proces putovanja i upijanja vode po živim bićima nose i njegovi koloidi i kristaloidi, kao i unutarnja, porozna i kapilarna struktura živih bića, što su je satkale i fino ispreplele koloidne i kristaloidne sastojine žive materije.

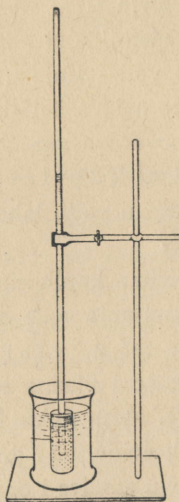
Tko nije vidio, kako se voda penje u suhu vrpcu bugačice do znatne njezine visine, ili kako suha želatina upija u sebe znatne količine vode, bubri u vodi i povećava znatno svoje dimenzije! Velimo, da bugačica upija vodu uslijed kapilarnosti, a želatina uslijed koloidne svoje naravi bubri u vodi, tako da privlači u sebe znatne količine vode.

Očito je, da i u živim bićima kapilarna njihova struktura i koloidna njihova građa igra kod upijanja vode neku ulogu. Ali živa se bića nalaze u ponajviše slučajeva već u vlažnu stanju, imaju u sebi znatne količine vode, a ipak je i vlažna stanica kadra upiti u sebe onoliko vode, koliko joj treba. Mora dakle biti, da kod toga sudjeluju osim kapilarnosti i bubrenja koloidâ još i drugi faktori. I doista, pokazalo se je, da prodiranje vode u stanice i organizme, a isto tako iz stanica i organizama, regulira osobito jedan faktor, što su ga nazvali osmotički tlak. Nazvan je tako zato, jer se prodiranje vode i u vodi otopljenih tjelesa kroz razne sad više sad manje porozne i propustljive stijenke i membrane uopće nazivlje osmoza. Ujedno ćemo odmah istaknuti, da osmoza i osmotički tlak stoje u vezi, s razlikom, koja postoji između čiste vode i vodenih sad jačih sad slabijih otopina. Iz toga slijedi, da su za pojave osmoze i osmotičkog tlaka u živim bićima osobito važne sve one sastojine, koje se lako u vodi otapaju i po njima cirkuliraju u otopljenom stanju, a to su osobito soli, što smo ih upoznali kao anorgansku građu živih bićâ.

Evo, kako dolazi do pojavâ osmoze!

Uzmimo jednu valjkastu posudu od porozne gline, t. zv. diafragmu, kakve se primjerice upotrebljavaju za galvanske članke, i napunimo je vodenom otopinom kuhinjske soli. Začepimo je dobro čepom

od gume, kroz koji prolazi dugačka i uska — ali ne kapilarna! — staklena cijev. (Vidi sliku 30.) Zatim zaronimo tu posudu u čašu čiste, destilirane vode. Šta ćemo vidjeti! Tekućina će početi da se penje sve više i više u cijev, no za neko će vrijeme pasti opet natrag. Zašto? Nema sumnje, zato, jer je voda iz čaše počela ulaziti u diafragmu kroz pore njene. Ali je i sol iz diafragme počela difundirati kroz njene pore u čistu vodu u čaši. Kad su se pak voda i sol tako izmiješali, da je i u diafragmi i u čaši jednako jaka otopina soli, pala je opet tekućina u staklenoj cijevi na istu visinu. Ovo prodiranje vode k soli u diafragmu zovemo osmoza, a raširenje otopljene soli po vodi u diafragmi i izvan nje zove se difuzija. Jedno i drugo osobito su karakteristične pojave za vodene i druge otopine, pa se neprestano odigravaju ondje, gdje stupaju u akciju otopine, bilo u mrtvoj ili živoj prirodi. Zato im je kemijska i fizikalna nauka posvetila vrlo veliku pažnju. Evo ukratko glavno, koliko je danas nauka prodrla u te dvije važne pojave.



Sl. 30. Pojav osmoze i difuzije.

Pojava difuzije očituje se jasno ponajprije kod plinova. Kapnemo li kap broma — crveno-smeđe tekućine, koja brzo prelazi u isto takovu paru — na dno boce, to će se od te kapi širiti plinoviti brom po cijeloj boci, dok ne bude posvuda u njoj jednaka boja, t. j. jednaka

količina plinovitog broma. Kad su se fizici pitali, koji je tomu razlog, došli su do zaključka, da se pare bromove šire zato posvuda u boci jednako, jer ih goni ekspanzija ili tlak bromove pare. Dok je oko kaplje bromove gusti sloj, gusti kolut pare bromove, koja ima svoj stanoviti tlak ili ekspanziju, to se u ostalim slojevima ne nalazi isprva nikakovih bromovih para. U njima je samo drugi jedan plin, uzduh! U tim je slojevima ekspanzija bromove pare jednaka ništici. Budući pak da se čestice bromove u plinovitom stanju, što ih zovemo molekulama njegovim, slobodno giblju po prostoru, to je jasno i prirodno, da će se širiti brzo po takovom prostoru, u kojem nema uopće još tih čestica, i to sve dotle, dok se ne izjednači njihov tlak posvuda u prostoru, koji im stoji na raspolaganje. Upravo onako, kašto voda pada s višega na niži nivo, kašto toplina struji s vrućeg na hladnije tijelo, kašto električna struja ide od mjesta jačeg potencijala na slabiji, tako difundiraju i plinovi u prostoru, koji im stoji na raspolaganje, od mjesta veće ekspanzije na mjesta manje ili nikakove njihove ekspanzije. A šta je uzrok tomu tlaku njihovu ili ekspanziji? Uzrok je energija gibanja, t. zv. kinetička energija, kojom je obdarena i snabdjevena svaka slobodna plinska čestica ili molekula; uslijed te kinetičke energije udaraju čestice plinova i o stijenke posude, u kojoj su zatvoreni, i proizvode tako tlak, što ga zovemo napetost plinovâ.

Slično je i kod difuzije otopljenog tijela u nekom otapalu, na pr. kod gore prikazane difuzije kuhinjske soli po vodi. I njene čestice, t. j. njene molekule i ionti putuju po vodi od mjesta, gdje ih je više, gdje im je veća koncentracija, k mjestima, gdje ih uopće nema ili gdje ih je u manjoj količini (koncentraciji), ako im je za to dana prilika. I to putuju dotle, dok ne budu posvuda u jednakom broju, u jednakoj koncentraciji. Faktor dakle, koji pokreće difuziju otopljenog tijela po otapalu, ovdje je koncentracija i odgovara tlaku kod difuzije plinova. A pokretna je sila i opet kinetička energija slobodnih molekula i ionata. Zato difundiraju čestice otopljenog tijela suprot djelovanja sile tέžê, kako se o tom lijepo možemo uvjeriti ovim pokusom: Nalijemo na dno visokog staklenog cilindra jaku otopinu bojadisane koje soli, na pr. modre galice, pa napunimo polagano i oprezno cilindar do vrha vodom. Sasvim ćemo lijepo razabrati, kako će se gornji, isprva bezbojni slojevi vode u cilindru za neko vrijeme obojadisati modro, a za nekoliko će dana biti voda posvuda jednako modra,

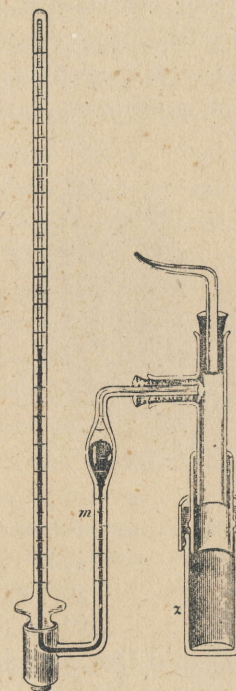
t. j. i koncentracija modre galice u otopini posvuda jednaka. Postoje li dakle u kojoj tekućini razlike u koncentraciji otopljenog tijela, to će se one procesom difuzije doskora izravnati.

Proces difuzije zbiva se neprestano u mrtvoj i živoj prirodi, kod plinova i kod otopljenih tjelesa i uloga je njegova važna i u mrtvoj prirodi, na pr. kod postanja morskih struja, i u živoj prirodi, na pr. kod disanja, kod resorbiranja hrane, djelovanja lijekova itd.

Ali pogledamo li još jednom našu sliku 30. i dozovemo u pamet fakat, da i voda putuje iz izvanje čaše u unutrašnjost diafragme k onoj soli, što se nalazi ondje otopljena, t. j. da se uz proces difuzije zbiva i proces osmoze, to nam se odmah nameće pitanje: šta tjera vodu, koje ima dosta i u diafragmi i u čaši, s jednoga mjesta na drugo? Pokusom se možemo lako uvjeriti u tom. Kad bi u diafragmi i u čaši bila samo čista destilirana voda, ne bi voda strujala u diafragmu i ne bi se uopće voda u cijevi digla. Iz toga slijedi, da je ona sol, otopljena u vodi, dakle razlika između svojstava otopine i svojstava čistog otapala, razlog pojavi osmoze! Čini se, kao da čestice (molekule + ionti) otopljene one soli privlače posebnom snagom k sebi vodu i da zato ona putuje u diafragmu. Ta snaga privlačivosti vode, što je imaju u vodi topljiva tjelesa, nazvana je osmotičkim tlakom, pa se drži, da je taj osmotički tlak uzrok osmozi. Stvar očito nije tako jednostavna i jasna kao kod difuzije. Jer odmah se rađa pitanje: koji je razlog, da čestice soli i drugih u vodi topivih tjelesa privlače vodu? Da li možda kemijska srodnost (kemijski afinitet) između česticâ otopljenog tijela i česticâ vode? A šta je to zapravo kemijska srodnost? Pitanja su to vrlo teška i znanost još nije o njima kazala zaključnu riječ. Za nas je važna sama pojava osmoze, t. j. pojava, da čista voda putuje uz zgodne prilike k otopljenim tjelesima, a onda fakat, da se snaga privlačivosti vode otopljenog nekog tijela može i mjeriti na osnovu pojave osmoze.

Znameniti njemački botanik Pfeffer konstruirao je aparat za mjerenje snage privlačivosti vode, t. j. za mjerenje osmotičkog tlaka. (Vidi sl. 31.) Princip njegova aparata u bivstvu je isti kao i onog na slici 30., na kojem smo uopće prikazali, u čemu se sastoji osmoza. Samo je razlika ta, što je Pfefferu pošlo za rukom ukloniti mogućnost difuzije kod tog pokusa; jer difuzija čestica soli iz diafragme kroz pore njezine u vodu u čaši razlog je, da za kratko vrijeme

prestaje osmoza i zato pada voda u cijevi na početnu razinu. A kako je on to polučio, kako je mogao provesti, da voda može prodirati kroz diafragmu unutra, a čestice soli ne mogu iznutra van? On je pore u diafragmi zabrtvio takovom tvari, koja propušta vodu, a ne propušta čestice soli. Zgodnom procedurom oborio je on upravo u stijenci diafragme, t. j. u njenim porama finu, tanku kožicu, koja je polupropusna ili semipermeabilna, t. j. propušta vodu, ali ne propušta čestice u vodi

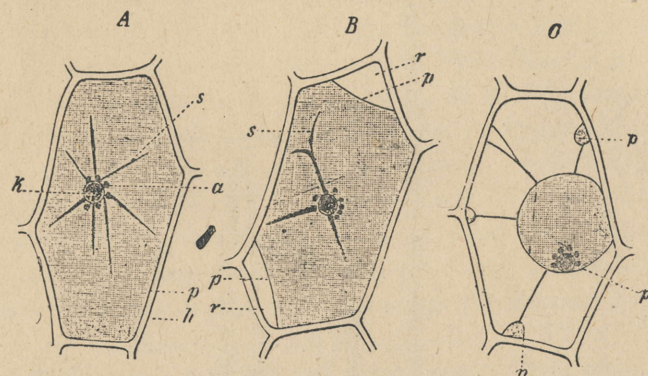


Sl. 31. *Pfefferov* aparat za mjerenje osmotičkog tlaka.

otopljenih tjelesa. Procedura se ta sastoji u tom, da se u diafragmu metne otopina žute krvne soli (kalijevog ferocijanida), pa se tako napunjena diafragma uroni u otopinu modre galice. Obje će se ove otopine sastati baš u stijenci, u porama diafragme, a budući da stupaju u kemijsku reakciju stvarajući talog, to će taj talog, bakreni ferocijanid, zabrtviti pore diafragme. Ali ne posve, nego samo utoliko, da ne mogu kroz pore diafragme prodirati više čestice otopljenih tjelesa, na pr. soli, sladora itd. Opere li se sada tako udešena diafragma, pa

se u nju nalije otopina, na pr. sladora stanovite koncentracije, i onda uroni u čistu vodu, to će moći putovati samo voda u diafragmu i iz nje. Začepi li se pako sada tako priređena diafragma čepom, u kojem je zgodno smještena sprava za m j e r e n j e t l a k a (manometar), to ćemo moći pomoću tog uređenja direktno mjeriti onu veličinu, što smo je nazvali o s m o t i č k i t l a k. Slika 31. prikazuje nam P f e f f e r o v aparat za mjerenje osmotičkog tlaka vodenih otopina.

Mjereći pomoću ovakovog aparata osmotički tlak raznih otopina došao je već P f e f f e r (god. 1877.) do rezultata, da taj tlak ovisi pravilno o k o n c e n t r a c i j i otopljenog tijela i o porastu t e m p e r a t u r e otopine. Osim toga se je pokazalo, da se kod promjene koncen-



Sl. 32. Stanice iz lista od *Tradescantia discolor*: *a* u izotoničkoj otopini (normalno stanje), *b* u slabo hipertoničkoj otopini (slaba plazmoliza) i *c* u jako hipertoničkoj otopini (jaka plazmoliza).

tracije otopinâ mijenja osmotički tlak drugojačije kod o r g a n s k i h tjelesa, kaošto su na pr. slador, mokraćevina, nego kod otopina anorganskih kiselinâ, soli i lužinâ. Rezultati su ti doveli do posebne t e o r i j e o o t o p i n a m a, što su je izgradili u prvom redu veliki osnivači nauke, koja se zove fizikalna kemija, Holandez I. H. v a n't H o f f i Šved Svante A r r h e n i u s. Prije nego li iznesemo osnovne misli moderne van't Hoff-Arrheniusove teorije o otopinama (god.1885.) moramo istaknuti važna opažanja o pojavi osmoze u živoj prirodi, što su ih konstatovali holandeski botanik H. d e V r i e s i holandeski fiziolog, moj učitelj H. I. H a m b u r g e r (god. 1883.).

Evo, što je na stvari. Hugo de V r i e s stavljao je bilinske stanice u vodene otopine raznih tvari, na pr. sladora, pojedinih soli itd. i pro-

matrao, kakove će se promjene zamijetiti pod mikroskopom u protoplazmi bilinskih stanica prema upotrebljenoj j a k o s t i (koncentraciji) otopine. U tu svrhu pokazale su se osobito zgodne za promatranje stanice u listu biljke Tradescantia discolor, jer njihova je protoplazma lijepo bojadisana. Pa šta je otkrio de V r i e s? Otkrio je, da ima ponajprije vodenih otopina, u kojima stanice ostaju naoko sasvim nepromijenjene; njihova se protoplazma drži u dotičnoj otopini, kao i u normalnom stanju stanične membrane. Na bilinskoj naime stanici (vidi sl. 2.) razlikujemo u glavnom staničnu stijenku ili membranu, protoplazmu sa staničnom jezgrom i jednu ili više vakuolâ, ispunjenih vodenom otopinom. De V r i e s je najprije konstatovao, da se mogu prirediti vodene otopine takove jakosti, te ne oštećuju stanicâ, t. j. u njima ostaje protoplast u normalnom stanju (*a* od slike 32.). Takove vodene otopine nazvao je i z o t o n i č k i m a. Otopine istih tvari, ali v e ć e jakosti ili koncentracije, izazvat će takvu promjenu, da će se bojadisani protoplast odijeliti od stanične stijenke i s t i s n u t i se sad manje, sad jače u samoj stanici (vidi *b* i *c* slike 32.). Pojavu je tu nazvao de V r i e s plazmoliza, t. j. odjeljenje plazme od membrane, a otopine, koje izazivaju p o j a v u p l a z m o l i z e, zovu se h i p e r t o n i č k e. Koncentracija takove otopine v e ć a je od koncentracije otopine istog tijela, u kojoj stanica ostaje normalna. De V r i e s je konstatovao još jednu stvar, koja stoji u suglasju s osmotičkim mjerenjima P f e f f e r o v i m. Uspoređujući otopine jednake jakosti, jednake t. zv. molekularne koncentracije[1] raznih anorganskih i organskih spojeva, našao je, da organski spojevi, na pr. slador, mokraćevina itd. nijesu s obzirom na plazmolizu ravnopravni s anorganskim spojevima, na pr. sa solima j e d n a k e molekularne koncentracije. Tako je izračunao, da su t r i molekule običnog sladora izotoničke s d v i j e molekule ku-

[1] Ako u 1 litri vode otopimo toliko neke tvari u gramima, kolika je njena molekularna težina (n. pr. Na Cl = $58^{\cdot 5}$, dakle $58^{\cdot 5}$ gr u 1 l), to je molekularna koncentracija njena jednaka 1 grammolekuli. One će otopine biti dakle jednake molekularne koncentracije (zovu ih ekvimolekularnima), u kojima se budu nalazili otopljeni jednaki brojevi grammolekula. N. pr. otopina kuhinjske soli od 5·85% ekvimolekularna je s otopinom običnog sladora od 34·2% (obični slador = $C_{12}H_{22}O_{11}$ = 342). Za takove se otopine drži, da su zato ekvimolekularne, jer se u njima u stanovitom volumu nalazi j e d n a k i b r o j m o l e k u l a. U kemijskom su dakle pogledu ekvimolekularne otopine j e d n a k e j a k o s t i, a ne jednako postotne! N. pr. 5% otopina sladora ne odgovara ni izdaleka 5% otopini kuhinjske soli.

hinjske soli, t. j. da za jednu trećinu jača otopina sladora odgovara istom stanovitoj otopini soli. Taj je fakat bio od značenja za osnutak i razvoj moderne van't Hoff-Arrheniusove teorije otopina, o kojoj će doskora biti govora.

Pa kako ćemo pojavu de Vriesove plazmolize dovesti u sklad s osmotičkim tlakom?

Membrana bilinskih stanica, za koju smo već čuli, da je izgrađena iz celuloze, tako je šupljikava ili porozna, da kroz nju sasvim lijepo difundira i voda i u vodi otopljene anorganske i organske tvari. Ali unutar protoplasta nalaze se šupljinice, t. j. vakuole, koje su ispunjene vodenim otopinama raznih soli, sladora i t. d. Te otopine zatvara protoplast kao stijenka, kao njihova posuda; stijenke su vakuolâ dakle protoplazmatičke. A te protoplazmatičke stijenke nemaju ni izdaleka one poroznosti kao vanjska celulozna membrana bilinskih stanica. Protoplazmatička stijenka nalik je donekle na stijenku Pfefferove diafragme, u kojoj se nalazi polupropusna ili semipermeabilna membrana. Zato i ta protoplazmatička stijenka lako propušta vodu iz vana u stanične vakuole i obrnuto, ali ne propušta lako u vodi otopljenih čestica soli, sladora itd. Dođe li dakle bilinska stanica u otopinu jače molekularne koncentracije, nego li je vodena otopina u njenim vakuolama, to će početi putovati voda iz vakuolâ van k česticama jače otopine; protoplast će se uslijed gubitka vode stisnuti, nastupit će pojava de Vriesove plazmolize. Obrnuto, dođe li bilinska stanica u čistu vodu ili u takovu vodenu otopinu, koja je slabije molekularne koncentracije, nego li je otopina u vakuolama njenim, to će voda putovati kao i kod Pfeferova pokusa kroz polupropusnu protoplazmatičku stijenku u unutrašnjost, u stanične vakuole; protoplast će se uslijed toga raširiti, nabubriti i sasvim se pritisnuti uz celuloznu staničnu membranu. Čitava stanica, odnosno organ, na pr. bilinski list, nalazit će se zato u stadiju posebne napetosti, što ga botanici nazivaju turgor. Tako za žege i sparine vidimo na drveću mlohavo i oklopljeno lišće, a čim pane kiša, lišće se opet raširi, napne. Zašto? Za žege su stanice lista izgubile mnogo vode, ishlapila je iz njih i zato se je protoplazma njihova stisnula. Čim bude opet svježe vode, počinju žedno upijati nju i privlačiti k sebi u vodi topiva tjelesa, pohranjena u vakuolama bilinskih stanica; protoplazma njihova bubri i napija se. Zato je osmotički tlak tih tjelesa onaj faktor, koji regulira za biljke onu važnu pojavu, što ju botanici nazivaju turgor.

H. I. Hamburger bio je u vrijeme de Vriesovih istraživanja (god. 1883.) asistenat znamenitog holandeskog fiziologa Dondersa na sveučilištu u Utrechtu. Donders je običavao uvijek, kad bi se vratio sa sjednice akademije nauka u Amsterdamu, pripovijedati u svom laboratoriju o važnijim naučnim rezultatima, koji su na toj sjednici izneseni. Tako je govorio i o de Vriesovim radnjama i ponukao Hamburgera, da takova istraživanja protegne na životinjske stanice. Hamburger se dao na taj posao i doskora mu je pošlo za rukom, da uoči ulogu i važnost osmoze i osmotičkog tlaka kod životinjskih stanica.

U tu je svrhu uzeo kao osobito podesan objekat crvena krvna tjelešca, sićušne stanice, hemoglobinom crveno obojadisane, što



Sl. 33. Crvena krvna tjelešca (eritrociti) iz krvi čovječje.

plivaju po krvi čovječjoj i životinjskoj i pomoću te crvene boje, hemoglobina, prenose kisik po vascijelom tijelu. Crvena krvna tjelešca ili eritrociti nijesu kod svih životinja jednake veličine i izgleda. U čovjeka primjerice izgledaju, kako nam ih u povećanom stanju prikazuje slika 33. No ona su malena gvalica protoplazme, bez ikakove posebne membrane, — životinjske su stanice uopće rijetko omeđene posebnom anatomskom membranom poput bilinskih, — a ta protoplazma zatvara sama u sebi vanredno sićušne vakuole, u kojima se nalazi vodena otopina soli. Hamburger je stavljao crvena krvna tjelešca u vodene otopine razne jakosti, pa mu je pošlo za rukom, da pronađe na pr. kod vodenih otopina kuhinjske soli, sladora itd. takovu koncentraciju, u kojoj crvena krvna tjelešca ostaju nepromijenjena, upravo onakova, kao i u onoj tekućini, po kojoj u živom tijelu plivaju, a zove se krvna plazma. Takove je otopine nazvao izotoničkima. Tako je na pr. otopina kuhinjske soli u vodi od 0.9% izotonička s crvenim krvnim tjelešcima goveđe krvi. Jače je otopine nazvao hipertoničkima,

a slabije hipotoničkima. I sad je osobito zanimljivo, da se crvena krvna tjelešca mijenjaju u hipotoničkim otopinama tako, da otpuštaju iz sebe crvenu boju; što je slabija vodena otopina, to se ona jače bojadiše crveno od hemoglobina, koji je izašao iz raspalih crvenih krvnih tjelešaca, dok se u čistoj vodi odmah sva crvena krvna tjelešca raspadaju i voda se bojadiše intenzivno crveno. Pojava je ta nazvana hemoliza, raspadanje crvenih krvnih tjelešaca. Nasuprot u hipertoničkim otopinama, na pr. u otopinama Na Cl jačim od 0.9%, ne dolazi do hemolize; u njima padaju u bezbojnoj tekućini crvena krvna tjelešca na dno. Ali pobliže promatranje takovih crvenih krvnih tjelešaca pomoću posebnih aparatića za mjerenje njihova voluma pokazuje, da su se u hipertoničkim otopinama krvna tjelešca stisnula, da im je volum manji, nego li u izotoničkoj otopini, odnosno u vlastitom serumu.

Kako ćemo protumačiti te pojave?

Evo ovako. U crvenim krvnim tjelešcima, mada su upravo vanredno sićušna, nalazi se unutar protoplazme šupljinicâ, koje sadržavaju u sebi vodene otopine raznih tvari, u prvom redu vodene otopine nekih soli i to stanovite jakosti ili koncentracije. Protoplazma ih obuhvata kao u neku ruku polupropusna (semipermeabilna) membrana, kroz koju može voda prodirati lako, a same soli slabo ili nikako. Dođu li dakle krvna tjelešca u hipotoničku solnu tekućinu, t. j. u vodenu otopinu soli slabije koncentracije, nego li je ona u samim krvnim tjelešcima, to će soli iz krvnih tjelešaca privlačiti vodu u krvna tjelešca. Krvna će tjelešca zato bubriti, protoplazma će se njihova sve više širiti i uslijed toga početi da puca; hemoglobin će se njihov razići po otopini i obojadisat će je crveno. Nastupila je pojava hemolize, a izazvala ju je snaga privlačivosti vode, odnosno osmotički tlak u crvenim krvnim tjelešcima otopljenih soli. Nasuprot, dođu li krvna tjelešca u hipertoničku otopinu, to će u tom slučaju voda iz crvenih krvnih tjelešaca putovati k otopini i to zato, jer je hipertonička otopina jača od otopine soli u krvnim tjelešcima. Drugim riječima, osmotički je tlak sada jači izvan, nego li unutar krvnih tjelešaca. Zato sada krvna tjelešca gube vodu i uslijed toga se stiskuju, umanjuju svoj volum i padaju na dno, a nad njima je bistra i bezbojna vodena otopina.

Kod ovih svojih pokusa konstatovao je i Hamburger, da organski spojevi, kaošto su na pr. slador i mokraćevina, nijesu ravnopravni po svom osmotičkom tlaku, odnosno po izazivanju hemolize, s jednako

jakim t. j. s ekvimolekularnim otopinama anorganskih soli, kiselinâ i lužinâ. A isto se je tako i kod pojava hemolize pokazala pravilna ovisnost o temperaturi i koncentraciji otopinâ. Bilo je to g. 1883. S tim jednostavnim, ali važnim otkrićima započela se je era fizikalno-kemijskog istraživanja u medicinskim naukama, kojemu je istraživanju H. I. Hamburger ostao vjeran sve do današnjih dana. Uz njega radi na tom području mnogo modernih istraživača života i životnih promjena, koji su pomoću osmotičke teorije otopina unijeli svijetla u mnoge važne životne pojave. Sam H. I. Hamburger napisao je o tim istraživanjima omašno djelo u tri sveska[1], a holandeska vlada sagradila mu je i uredila na sveučilištu u Groningenu, gdje je on profesor fiziologije, jedan od najljepših laboratorija u Evropi, koji je poglavito uređen za fizikalno-kemijska istraživanja na području fiziologije i medicinskih nauka.

Prije nego li istaknemo znamenovanje tih istraživanja za nauku o životu uopće, potrebno je, da u glavnim crtama upoznamo samu van't Hoff-Arrheniusovu teoriju o otopinama, koja je između ostaloga i nastala u vezi s gore prikazanim rezultatima fiziologa Pfeffera, de Vriesa i H. I. Hamburgera.

Moderna teorija o otopinama uspoređuje otopljeno tijelo, na pr. sol ili slador u vodi, s plinovitim stanjem materije. Kod plinovâ se naime očituju neki jednostavni zakoni o snošaju njihova voluma, njihova tlaka i njihove temperature, što su ih već davno fizici otkrili, i ti se zakoni zovu po njihovim osnivačima Boyle-Mariotteov i Gay-Lussacov zakon. U stvari je ovo: Zatvorimo li neki plin, na pr. vodenu paru u posudu, to će taj plin izvoditi pritisak, neki tlak na stijene te posude. Taj se tlak ili ekspanzija može praktički izrabiti i tako nam primjerice tlak vruće vodene pare tjera najraznoličnije i nadasve korisne naše parne strojeve. I sad se pokusima može uglaviti, da je tlak nekog plina ili pare ovisan o obujmu, što ga on zauzimlje, i o temperaturi, u kojoj se nalazi, i to, tlak je taj upravo razmjeran ili proporcijonalan s temperaturom, a obrnuto proporcijonalan s volumom ili obujmom. Na pr. tlak jednakih obujmova vodene pare je kod 300° C dva puta veći, nego li kod 150° C, a u drugu ruku bit će kod iste temperature vodene pare, na pr. kod 300° C, tlak njen

[1] H. J. Hamburger: Osmotischer Druck und Jonenlehre in den medizinischen Wissenschaften. Wiesbaden. J. F. Bergmann. 1902.

još dva puta veći, ako toj vodenoj pari smanjimo obujam na polovicu, na pr. natisnemo jednako vruću vodenu paru iz cilindra od 1 m^3 u cilindar od ½ m^3. Zakoni ti vrijede za sve pare i plinove, ali samo približno. Kad se neka para nalazi stisnuta velikim tlakom u malenom obujmu, onda se kod daljnje promjene obujma ne očituje pravilnost u promjeni tlaka potpuno prema Boyle-Mariotteovu zakonu. Zato se i kaže, da spomenuti jednostavni zakoni o plinovima strogo vrijede samo za »idealne« plinove. A pod »idealnim« se plinovima razumijevaju plinovi u takvom stanju, u kojem ne dolazi u obzir volum najmanjih njihovih čestica (molekulâ) i privlačiva snaga između pojedinih molekula; molekule su njihove tek elastične, fizikalne točkice, snabdjevene svojom energijom gibanja. Dok kod faktičnih ili »realnih« plinova i para treba uzeti obzir i na vrlo malene dimenzije pojedinih molekula i njihovu privlačivu snagu; jedno se i drugo jamačno očituje, kad je mnogo molekula u malenom prostoru, t. j. kad je para stisnuta velikim tlakom u malenom obujmu, odnosno, kad se već nalazi u blizini prelaza u tekuće stanje.

Označimo li slovima: *v, p, T* volum, tlak i t. zv. apsolutnu, t. j. za 273° uvećanu običnu temperaturu nekog plina, to se jednostavni zakoni o plinovima mogu izraziti ovim matematičkim izrazom:

$$p. v = R. T.$$

To će pak reći: produkt između tlaka i voluma nekog plina mora biti proporcionalan apsolutnoj temperaturi, u kojoj se plin nalazi. Slovo R u ovoj je jednadžbi faktor proporcijonalnosti, a zove se obično »plinska konstanta«. Mi naime možemo kod nekog plina mjeriti promjene voluma (v) i tlaka (p) kao i promjene apsolutne temperature (T), pa uvrstimo li nađene vrijednosti u gore napisanu jednadžbu, ostaje nam samo R kao nepoznanica. R ćemo dakle moći izračunati iz te jednadžbe na osnovi naših mjerenja tlaka, voluma i temperature nekog plina ili pare. Naime: $R = \frac{p. v}{T}$.

Boyle-Mariotteov i Gay-Lussacov zakon pak zahtijevaju, da kod najrazličitijih promjena tlaka, voluma i temperature R uvijek bude jednako velik i stalan broj, pa se zato i zove plinska konstanta. Izražen primjerice taj broj u toplinskim jedinicama, — a jedinica je topline jedna kalorija, t. j. količina topline, koja je potrebna, da se 1 gram vode ugrije za 1° C na pr. od 15° do 16° C, — iznosi on okruglo

2 cal (točno 1,8 cal). U tom slučaju pišemo mi jednadžbu, u kojoj su sadržani jednostavni zakoni o plinovima:

$$p. v = 2 T.$$

Toliko ukratko o jednostavnim, ali važnim zakonima o plinovima. Holandeski kemik van't Hoff dosjetio se je misli, ne postoji li možda neka analogija između otopljenog tijela i tijela u plinovitom ili parovitom stanju. Kaošto se molekule plina ili pare neprestano gibljü uslijed svoje energije gibanja ili kinetičke energije i udarajući o stijenu posude izazivaju tlak, pritisak na te stijene, što smo ga čas prije označili s *p* i prikazali zakonitu njegovu ovisnost o volumu i temperaturi plina, tako se giblju neprestano i čestice nekog otopljenog tijela po otapalu, na pr. čestice (molekule i ionti) soli ili sladora po vodi. Već smo rekli, da uslijed tog gibanja dolazi do pojava difuzije i kod otopina, kao i kod plinova. Ali čestice otopljenog tijela udaraju također o stijenke posude, u kojoj se nalazi otopina. Uslijed toga izazivaju i one neki pritisak, neki tlak na te stijene. No taj tlak ne možemo onako direktno zamijetiti i mjeriti kao tlak nekog plina. Taj tlak dolazi do očitovanja istom onda, ako otopinu dijeli od otapala polupropusna membrana, t. j. stijenka, koja propušta vodu, ali ne propušta čestica u vodi otopljenog tijela. Taj tlak nije ništa drugo, nego ona veličina, što ju je botanik Pfeffer mjerio pomoću svog aparata (vidi sliku 31.) i nazvao ju osmotički tlak. Iz Pfefferovih mjerenja slijedi, da je taj tlak, što ga dakle izazivaju čestice otopljenog tijela, udarajući o stijene posude, u kojoj se otopina nalazi, već kod razrijeđenih otopina dosta velik, t. j. da iznosi 20, dapače 50 do 100 atmosfera.[1] Ako je tomu tako, ne bi mi u našim običnim bocama mogli držati iole jaču otopinu koje soli, kiseline, baze ili kojeg organskog tijela, jer bi se stijenke morale rasprsnuti od tlaka, koji iznosi 50—100 atmosfera! A kad tamo, mi ne opažamo tog tlaka, te bezbrižno ulijevamo i najjače vodene i druge otopine u posude od sasvim tankog stakla, a ipak im se kod toga ne događa ništa! Gdje je onda taj osmotički tlak, što bi ga imale izazivati čestice soli otopljene u vodi, udarajući o stijenke staklene boce, u koju smo ulili solnu otopinu?

---

[1] Kako smo već spomenuli, pod jednom atmosferom razumijevamo tlak zraka na svaki cm^2 površine naše Zemlje, a iznosi okruglo 1 kg.

Osmotički tlak je prikriven! On postoji u svakoj otopini i u svakoj posudi, ali kako je cijela otopina tekuće tijelo, to u toj tekućini vladaju još i druge sile i drugi tlakovi i to u prvom redu napetost površine i onaj posebni tlak prema unutrašnjosti (»Binnendruck«), što čvrsto drži tekućinu, odnosno čestice, od kojih je sastavljena na okupu. Taj tlak prema unutrašnjosti i napetost površine tekućinâ karakterišu upravo tekuće stanje materije za razliku od plinovitog i krutog. Oni se očituju na slobodnoj površini svake tekućine i razlog su onoj pojavi, da se tekućine skupljaju u kapljice, t. j. da u obliku kruglj'ica zauzimaju što manju površinu.

Samo onda, kad je otopina, t. j. tekućina, koja se sastoji od čestica otapala i čestica otopljenog tijela, tako smještena, da ne graniči na cijeloj svojoj površini sa zrakom, odnosno s golim stijenkama posude, nego kad otopina graniči s otapalom preko polupropusne membrane, dolazi osmotički tlak do jasnog očitovanja i to na stijenkama takove polupropusne posude, koja je još okružena tekućinom, t. j. otapalom. Kad se otopina nalazi u takovim prilikama, napetost površine i tlak prema unutrašnjosti ne premašuju osmotički tlak, t. j. tlak, što ga izazivaju čestice otopljenog tijela, udarajući o stijenke polupropusne posude. Napetost pak površine i tlak prema unutrašnjosti ne dolaze zato do očitovanja i prevlasti u tako smještenoj otopini, jer otopina nije omeđena slobodnom površinom, nego je zapravo tekućina u tekućini; istom vanjsko otapalo nosi na sebi sve znakove utjecaja napetosti površine i tlaka prema unutrašnjosti, što vlada u svakoj tekućini.

Da je doista tako, možemo se uvjeriti ovim jednostavnim pokusom. Napunimo svinjski mjehur vodom, u kojoj je otopljena stanovita količina kuhinjske soli i to tako, da nije sasvim pun, da su mu stijenke mlohave. Prema teoriji o osmotičkom tlaku morale bi sada čestice soli, koje se nalaze u mjehuru, udarati o njegove stijenke i mi bi morali zamjećivati neki pritisak, neki tlak na njima. Ali o tom ni traga! Stijenke ostaju jednako mlohave, kao kad zamijenimo našu solnu otopinu u mjehuru jednakom količinom čiste vode. U tim se prilikama ne očituje nikakova razlika između čiste vode, t. j. otapala i vode, koja ima u sebi soli, t. j. otopine. No sad zaronimo taj mlohavi, svinjski mjehur, u kojem se nalazi solna otopina, pod čistu vodu. Pritisnimo ga primjerice rukama pod vodu u velikoj staklenoj posudi. Šta ćemo zamijetiti? Stijenke mjehurove ne će dugo ostati mlohave. One će se početi sve više napinjati, pa se može dapače dogoditi, da se raspuknu. Zašto? Očito, jer sada pritiskuje na njih neki tlak, neki pritisak! Taj pritisak nije ništa drugo, nego posljedica udaranja česticâ otopljene soli o stijenke posude, u kojoj se otopina nalazi, t. j. osmotički tlak, koji dolazi sada do očitovanja zato, jer ga ne prikrivaju i ne premašuju napetost površine i tlak prema unutrašnjosti u tekućini, budući da se mjehur i otopina u njemu nalaze kao tekućina u tekućini. Mjehur je polupropusna membrana, a jer je uronjen pod čistu vodu, ne graniči otopina sa slobodnom vanjskom površinom, nego s otapalom i zato je stvorena prilika za osmozu i za osmotički tlak.

U takove pak prilike, u koje je došla otopina soli u ovom pokusu, mogu otopine doći vrlo često, osobito u živoj prirodi, u stanicama i tkivima biljaka i životinjâ; zato se u njima očituju pojavi osmoze i osmotičkog tlaka.

I sad je van' t Hoff pošao jedan korak dalje! On je izrekao ne samo, da je razlog osmotičkom tlaku gibanje i udaranje otopljenih čestica o stijenke posude, u kojoj se otopina nalazi, nego i to, da je osmotički tlak sasvim analogan tlaku pare ili plina. Kaošto je tlak (p) nekog plina ovisan o promjenama voluma (v) i temperature (T), u kojoj se plin nalazi, tako je to i s osmotičkim tlakom. I za njega mora dakle vrijediti jednadžba:

$$p. v = R. T.$$

u kojoj nam sada *p* označuje osmotički tlak, *v* volum otopine, a *T* apsolutnu temperaturu, u kojoj se otopina nalazi. A šta je sada R? On mora opet biti stalna veličina, stalan broj i konstanta. I doista van't Hoff je iz Pfefferovih pokusa uzeo određene brojeve za p, v i T i onda izračunao R i našao, da je R doista stalna veličina, što više, da je R kod otopina jednako velik, jedna te ista konstanta, kao i kod plinova uz isti p, v i T. Drugim riječima, van' t Hoff je dokazao, da je osmotički tlak (p) otopljenog tijela upravo tolik, kolik je i tlak pare (p) istog tog tijela u plinovitom stanju; dakako kod jednake temperature i u jednakom volumu, u kolikom se nalazi i otopina. Time je povukao potpunu analogiju između otopljenog stanja materije i plinovitog stanja njezina.

Ali kaošto smo istaknuli, da zakoni o plinovima vrijede, strogo uzeto, za »idealne« plinove, tako moramo i ovdje naročito spomenuti,

da i van' t Hoffova zakonitost o ovisnosti osmotičkog tlaka o volumu i temperaturi otopine vrijedi samo točno za »idealne«, t. j. za *neizmjerno razrijeđene* otopine. Faktične ili »realne« otopine, s kojima imamo obično posla i koje dolaze u mrtvoj i živoj prirodi, ne slažu se posve s van' t Hoffovom teorijom. Što je otopina razređenija, to se više približava k idealnoj zakonitosti, pa je zato osobito važno, da se baš otopine, koje se nalaze u živim bićima, mogu nazvati razrijeđenima, t. j. za njih vrijedi još posve dobro teorija o osmotičkom tlaku, kako ju je razvio i dokazao van' t Hoff. Zato je ta teorija od osobita znamenovanja za proučavanje procesa i promjena u živim bićima i prema tomu za razvoj moderne fiziologije.

Još ima jedna stvar, koja je u vezi s teorijom o osmotičkom tlaku i nadopunjuje ju do potpune i plodonosne moderne teorije o otopinama. Važan i velik taj nadopunjak djelo je švedskog prirodoslovca *S. Arrheniusa*.

Evo, šta je u stvari.

Kako smo već istaknuli, konstatovali su *i de Vries i H. I. Hamburger i Pfeffer*, da se *jednako jake* otopine, t. j. ekvimolekularne otopine, ne vladaju jednako — kako bi se očekivalo — i s obzirom na plazmolizu i s obzirom na hemolizu kao i s obzirom na svoj osmotički tlak, mjeren Pfefferovom metodom. Osobito jasna razlika upada u oči između organskih, u vodi topljivih tvari, kaošto je na pr. slador i mokraćevina, spram anorganskih tvari, kaošto su na pr. razne anorganske soli. Ekvimolekularna otopina, t. j. otopina, koja tobože sadržava *jednaki* broj molekula kuhinjske soli, kao i odgovarajuća otopina sladora, ima veći osmotički tlak od sladorne otopine i prema tomu izrazitije i jače djelovanje s obzirom na hemolizu i plazmolizu. Kao da se u jednoj i drugoj otopini uistinu ne nalazi *jednaki broj* česticâ, jer o *broju čestica* jedino može ovisiti osmotički tlak! Zato je van' t Hoff našao, da za osmotički tlak sladornih otopinâ vrijedi zakonitost:

$$p. \, v = R. \, T,$$

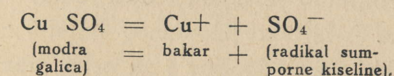
ali za otopine kiselinâ, bazâ i soli ne vrijedi. Treba jednadžbu *malo* preudesiti, pa je za kiseline, baze i soli napisao:

$$p. \, v = i. \, R. \, T$$

U faktoru *i* sadržano je, ukoliko otopine kiselinâ, bazâ i soli premašuju svojim osmotičkim tlakom *ekvimolekularne*, t. j. inače jednako jake otopine organskih spojeva, kaošto su na pr. slador i mokraćevina. Ali zašto?

Odgovor na to pitanje dao je S. *Arrhenius*; on je naime prvi uočio znamenovanje i razlog van' t Hoffova faktora *i*.

Proučavajući provađanje galvanske struje ili t. zv. elektrijsku vodivost vodenih otopina raznih kiselinâ, bazâ i soli, Arrhenius se domislio, da se sve one tvari, koje su uopće kadre provoditi u vodenoj otopini elektrijsku struju, *raspadaju već samim otapanjem* na čestice, nabijene elektricitetom. Prije se je primjerice držalo, da istom onda, kad u otopinu neke soli, na pr. u otopinu modre galice uronimo polove galvanske struje, molekule se modre galice počinju raspadati na bakar i na radikal sumporne kiseline, pa bakar prema svom elektrijskom naboju putuje kao elektropozitivan na negativni pol galvanske struje ili *katodu*, a radikal sumporne kiseline kao elektronegativan na pozitivan pol ili *anodu*. Raspadanje bi se to predočilo ovako kemijskim znakovima:


$$Cu\,SO_4 = Cu^{+} + SO_4^{-}$$
(modra galica) = bakar + (radikal sumporne kiseline).

No *Arrhenius* je osobito naglasio i nastojao dokazati, da se to ne zbiva istom, kad u otopinu dođu polovi galvanske struje, nego već kod samog otapanja. Zato u otopinama onih tvari, koje uopće provađaju galvansku struju — zovu ih *elektroliti* — postoje uvijek uz cijele molekule još i dijelovi molekula, čestice molekulâ, nabijene elektricitetom, što smo ih već spominjali pod imenom *ionti*. Svaki je elektrolit u vodenoj otopini donekle disociiran, t. j. stanoviti se je broj njegovih molekulâ u otopini raspao na slobodne čestice, na *ionte*.

Slador, mokraćevina, a i mnogi drugi organski spojevi, topivi u vodi, ne provode galvanske struje. Zovu ih poradi tog negativnog svojstva *neelektroliti*. Njihove se molekule u otopljenom stanju prema Arrheniusovu shvaćanju uopće ne raspadaju još na manje čestice od molekula, na ionte. U njihovim otopinama nema elektricitetom nabijenih česticâ i zato oni ne provode galvanske struje!

Da je doista tako, zaključuje *Arrhenius* iz razlike elektrolita i neelektrolita u jednako jakim otopinama s obzirom na osmotički tlak.

Već u samoj vodenoj otopini nekog elektrolita ima, prije nego što su u nju uronjeni polovi galvanske struje, v i š e slobodnih čestica, nego u ekvimolekularnoj otopini nekog neelektrolita. Na pr. u otopini kuhinjske soli, koja je ekvimolekularna s otopinom običnog sladora, postoje osim cijelih molekula (NaCl) još i ionti Na^+ i Cl^-, a kako se prema tomu svaka molekula raspada na d v a ionta, to je jasno, da će broj molekula + ionata biti veći od isprva jednakog broja molekula običnog sladora. U ekvimolekularnoj otopini sladora ostale su samo cijele molekule!

Budući pak da osmotički tlak ovisi o b r o j u č e s t i c â, jasno je, zašto elektroliti pokazuju jači osmotički tlak od ekvimolekularnih otopina neelektrolita, t. j. zašto za njih vrijedi van 't Hoffova jednadžba:

$$p. v = i. R. T.$$

Što više, A r r h e n i u s je odredio za pojedine elektrolite u različno jakim otopinama, koliki je stupanj njihova raspadanja na ionte, t. j. koliko se je od cjelokupnog broja molekula u otopine disociiralo na ionte. I to, odredio je mjereći elektrijsku vodivost elektrolita u raznim jakostima. A iz tako određenog stupnja disocijacije izračunao je, koliki mora biti van 't Hoffov *i* za neku otopinu. Jasno je, da je faktor *i* za neelektrolite = 1; p. v = 1. R. T. Za elektrolit, kaošto je na pr. kuhinjska sol, bio bi onda, kad bi se *sve* molekule kuhinjske soli (NaCl) raspale na ionte, (Na^+ i Cl^-) *i* jednak 2. No disocijacija, t. j. raspadanje molekulâ na ionte, ovisi o r a z r i j e đ e n o s t i otopine. I to, što je otopina nekog elektrolita r a z r e đ e n i j a, to se u njoj nalazi veći broj molekulâ, raspalih na ionte. Kod t. zv. neizmjerne razrijeđenosti istom imale bi se sve molekule nekog elektrolita raspasti na ionte, t. j. istom kod neizmjerne razrijeđenosti bio bi za kuhinjsku sol (NaCl) faktor *i* jednak 2.

Predaleko bi nas odvelo, da se pobliže upustimo u prikazivanje potankosti Arrheniusove nauke o otopinama, koja se obično nazivlje t e o r i j a o e l e k t r o l i t i č k o j d i s o c i j a c i j i. Glavno je, da smo uočili, kako se ta teorija naslanja na van' t Hoffovu nauku o osmotičkom tlaku i da prema tomu obje zajedno čine osnovu naših modernih nazora o otopinama.

I u našoj krvi i u ostalim tjelesnim sokovima plivaju dakle otopljene čestice, sad u obliku molekula, sad u obliku ionata, kao i u

obliku komglomerata molekule, t. j. kao koloidne čestice. Kako su pak mnoge stijenke i stanicâ i tkivâ sad manje sad više p o l u p r o p u s n e membrane, to u našem tijelu mora doći do očitovanja osmotički tlak otopljenih elektrolita i neelektrolita. A također i ionti sa svojim negativnim i pozitivnim elektrijskim nabojima i sa svojim sudjelovanjem kod osmotičkog tlaka, gdje su ravnopravni s cijelim molekulama, stupaju dakako u akciju u živim bićima. Mnogi zamršeni proces, koji se odigrava u živim bićima, može se svesti na pojave osmotičkog tlaka i elektrolitičke disocijacije. Ali ne tako lako! Neotopljeni materijal živih bića, osobito građa staničnih stijenaka i staničnih protoplasta, nije ni, pošto i d e a l n a polupropusna membrana. Pojave osmoze ne teku zato u živim bićima tako jednostavno i pravilno, kao u našim fizikalnim aparatima za mjerenje osmotičkog tlaka. Upravo se čini, kao da su se u organizmu usredotočile takove prilike, koje prkose zakonitostima i teorijama, koje su osnovane na pokusima u našim laboratorijima. Kao da organizmi hoće da budu iznimke od zakona i učinaka, koji vladaju u mrtvoj prirodi! Voda i u vodi otopljene tvari putuju u živim bićima često drugojačije, negoli bi to moralo biti na osnovi gore prikazane nauke o osmotičkom tlaku. Mi ćemo o tom još pobliže govoriti kod probave i upijanja hrane u živim organizmima i stanicama.

Ali krivo sude oni, koji odatle zaključuju, da je nauka o osmotičkom tlaku bez znamenovanja za fiziologiju, t. j. za objašnjenje i tumačenje pojava i promjena u živim bićima.

Nauka o osmotičkom tlaku svađa otopine i plinove pod jedan j e d n o s t a v n i princip. Njena se teorija može izraziti j e d n o s t a v n i m matematičkim izrazima, koji se nebrojenim pokusima mogu najraznoličnije kontrolirati i prema tomu plodonosno nadopunjavati. A to nije mala i neznatna stvar!

Želimo li naime baciti dublji pogled u prirodu otopinâ, koja dakako nije još ni izdaleka objašnjena modernom teorijom otopina, to moramo imati neku solidnu i izlaznu točku, neki centar, oko kojega se sabira eksperimentalni i teoretski rad o otopinama. A taj solidni centar je van' t Hoff-Arrheniusova teorija o otopinama! Zato smo je na ovom mjestu malo opširnije prikazali.

Isto je tako i u fiziologiji. Ulogu raznih otopina i promjene, što se s njima zbivaju u živim bićima, nije kadra odmah tačno protumačiti i objasniti j e d n o s t a v n a teorija o otopinama, — pogotovo, kad se

radi o tako kompliciranom sklopu prilika, kakove su u organizmima. Ali i na području fizioloških istraživanja, ona je solidna izlazna točka, eksaktna osnova, s koje mora polagano koračati nauka o životu, da prodre u njegove tajne. Zato je moderna nauka o otopinama od upravo neprocjenjive važnosti za razvoj fiziologije, t. j. nauke o životu.

2. Djelovanje fermenata i enzima.

Glavna organska kemijska građa živih bića, masti, ugljikovi hidrati (sladori) i proteini kemijski su spojevi, koji su osobito karakterizovani tim, da su im molekule relativno vrlo velike, t. j. da su građene od znatnog broja atoma i atomskih skupina. Baš poradi toga raspada se spomenuti organski materijal sad laglje, sad teže na jednostavnije organske spojeve i konačno na anorganske, kaošto su voda (H_2O), ugljični dvokis (CO_2) i amonijak (NH_3). Tako smo upoznali kao jednostavnije organske spojeve, koji izgrađuju masti, glicerin i masne kiseline, nadalje dekstrozu (glukozu) kao slador, koji izgrađuje molekule kompliciranijih ugljikohidrata, na pr. škroba, glikogena i celuloze, i napokon aminokiseline kao organske kemijske opeke najvažnijeg materijala živih bićâ, proteinâ.

Razgrađivanje ili raspadanje masti, ugljikohidrata i proteinâ odigrava se neprestano u živim bićima sad samo do jednostavnijih organskih spojeva, sad opet do konačnih anorganskih raspadajnih gore spomenutih produkata. Ali to se razgrađivanje može provesti i umjetno u laboratoriju. Mi možemo kemijskim sredstvima rastaviti masti, ugljikohidrate i proteine na njihove sastojine, na organske spojeve, a pomoću jakih oksidacijonih sredstava možemo iz njih dobiti i anorganske spojeve, kaošto su CO_2, H_2O, NH_3 itd.

Jedna je zanimljiva razlika između postupka, kako razgrađuje organizam svoju građu i kako to čini organska kemija. Kako smo već češće spomenuli, organska kemija upotrebljava u tu svrhu jake kiseline i baze, radi kod znatno visoke temperature, t. j. mora za rastvaranje organske građe živih bića staviti u akciju znatne količine energije. Nasuprot u organizmu teku procesi raspadanja organske građe sve do jednostavnih anorganskih spojeva kod relativno niske temperature i bez jakih kemijskih kiselina i lužina. U našem tijelu primjerice izgara mast sasvim lijepo na CO_2 i H_2O, oslobađajući kod toga

znatne količine topline, koja nas grije, a taj se proces zbiva kod temperature od neko $+ 37^0$ C, dok izvan tijela možemo spaliti i sagorjeti mast na CO_2 i H_2O istom kod temperature od neko $+ 300^0$ C.

Tako je kod rastvaranja, razgrađivanja, disimilacije i oksidacije masti, ugljikohidrata i proteinâ!

Razlika između živih bića i metoda njihovog kemijskog rada i onda metoda i putova organske kemije izbija još jače i jasnije s obzirom na izgrađivanje, na sintezu i asimilaciju spomenutih najvažnijih grupâ organskog kemijskog materijala živih bićâ.

Fakat je, da to izgrađivanje polazi organizmima sasvim lako za rukom, u prvom redu biljkama, koje iz jednostavnih anorganskih spojeva tla i uzduha izgrađuju spomenutu organsku građu. I to, opet im i procesi sinteze teku bez sudjelovanja jakih kemijskih agencija i bez upotrebe prevelikih količinâ energije. I organska kemijska sinteza prikučila se je na ljestvici umjetno načinjenih produkata već u blizinu najkompliciranije organske kemijske građe živih bića, pa je jamačno samo pitanje vremena, kada će trud njen biti okrunjen konačnim uspjesima. Ali putovi, metode, kojima organska sintetička kemija dolazi do umjetnih produkata, sasvim su drugi, nego putovi živih bićâ. Ukoliko to uopće možemo kazati, jer su nam putovi sinteze masti, ugljikohidrata, a osobito proteina u živim bićima još vrlo slabo ili gotovo nikako poznati. No i ukoliko su nam poznati, razabiramo, da živa stanica radi s posebnim sredstvima, što ih slabo ili nikako još danas ne upotrebljava u svom radu organska sintetička kemija.

Jedno je važno sredstvo uočila biokemija u radu živih bićâ kod njihovih analiza i sinteza, a zove ga fermentima i enzimima. Vrijedno je zato, da se malo pobliže upoznamo s djelovanjem tako nazvanih agensâ, jer pogled u pravu narav fermenata i enzima otkriva nam mnogo od mistične stvaralačke i razaralačke moći žive stanice. Dakako da je nauka o fermentima i enzimima još na početku, ali i ono malo, što se zna o tako prozvanim faktorima u kemijskom djelovanju živih bićâ, spada među najveće i najvažnije tečevine kemijske i fiziologijske nauke. Rad pako na tom području tako je intenzivan, da je u najnovije vrijeme osnovan poseban časopis samo za istraživanje fermenata i njihovih učinaka.[1]

---

[1] Fermentforschung, Leipzig, S. Hirzel. 1916.

Ponajprije ću prikazati na jednom poznatom procesu, a to je alkoholno vrenje, koje se u glavnom sastoji u raspadanju sladora na alkohol i ugljični dvokis djelovanjem kvasca, kako su se razvijali nazori o prirodi i djelovanju kvasca kod tog procesa tokom razvoja kemijske nauke sve do današnjih dana. Kvasac je naime takav agens, koji spada među fermente i enzime, pa se lijepo razabira na proučavanju alkoholnog vrenja, šta je sve nauka shvatala pod fermentima i enzimima i kako je nastojala objasniti njihovo djelovanje. Ujedno je proces alkoholnog vrenja još danas predmet naučnog rada i istraživanja, jer još ni danas nije pošlo za rukom objasniti potpuno, šta se sve i kako se zbiva kod tog inače praktički svestrano izrabljenog procesa.

Evo, kako se je razvijala stvar.

Proces alkoholnog vrenja bio je ljudima poznat već od davnine. Što više, već je oko god. 1680. Holandez Leuwenhoek, izumitelj primitivnog mikroskopa i otkrivač infuzorija, opazio u kvascu sferička i jajasta tjelešca, koja su ga podsjećala na mikroorganizme. No svestranije proučavanje alkoholnog vrenja počelo se je istom s osnutkom moderne kemije, pa su se njime pozabavili mnogi znameniti kemici i fiziolozi počevši od Lavoisiera (1743.—1794.) do danas.

Dva su se nazora vrlo žestoko borila o tom problemu kroz cijeli razvoj kemijske nauke sve pod konac 19. stoljeća, sve do Buchnerova otkrića 1898., o kojem će doskora dolje biti govora. U najnovije vrijeme uskrsla je borba ponovo, no Nijemac Buchner ne će moći više u njoj sudjelovati, jer ga je u najljepšoj muževnoj dobi zatekla smrt od rane, zadobivene na rumunjskom ratištu (god. 1918.). Jedan od tih nazora zastupao je i zastupa, da je alkoholno vrenje jedino kemijski proces i da kod njega ne dolaze u obzir život i životni procesi eventualno prisutnih organizama. Prema drugom pak nazoru upravo je život kvasca uzročnik i glavni faktor procesa vrenja.

Sve do god. 1830. obraćali su pojedini istraživači alkoholnog vrenja poglavitu pažnju produkciji alkohola i ugljične kiseline i to u vezi s kisikom iz zraka i s oksidacijom sladora. Tako na pr. kaže veliki Lavoisier: Alkoholno se vrenje sastoji u tom, da se slador — a to je jedan spoj s kisikom ili oksid — rastavi na dva nova tijela. I sad se prvo od tih tjelesa na račun drugoga oksidira i tako nastaje ugljična kiselina, a drugo se tijelo na korist prvoga reducira i tim se iz

njega stvara alkohol, tvar, koja upaljena gori. Kad bi bilo moguće ova tjelesa opet udružiti, dao bi se iz alkohola i ugljične kiseline prirediti slador.

God. 1830. istom upotrebljavaju kod proučavanja alkoholnog vrenja Cagniard-Latour, a iza njega Schwann mikroskop i dolaze na osnovi mikroskopske pretrage kvasca do uvjerenja, da je kvasac živo, organizovano biće. Zrnca pivskog kvasca nalik su im na neke, već poznate člankovite gljivice, pa zato zaključuju ispravno, da je i kvasac bez sumnje takova gljivica, dakle mikroskopski malena biljka. (Vidi sl. 34.)

No kemici, na čelu im veliki Berzelius, nijesu se odmah oduševili za zaključke Cagniard-Latourove i Schwannove. U svom izvještaju o napredovanju prirodnih nauka za god. 1830. obara se Berzelius nemilo na istraživače, koji su tvrdili, da je kvasac biljka, dakle



Sl. 34. Kvasne gljivice, znatno povećane.

živo biće. On veli, da su Schwannovi zaključci »lakoumnost u zaključivanju«, kakovoj nema mjesta u prirodnim naukama. Jer isto onako, kako je on po mikroskopskom izgledu kvasca došao na misao, da je to živo biće, mogli bi odjednom drugi ljudi doći do zaključka, da su živa bića i neki drugi neuleđeni talozi, na pr. talog gline, koštane zemlje, kalcijskog karbonata itd., koji promatrani pod mikroskopom pokazuju često neke niti, sastavljene od krugljica. Pa nadodaje podrugljivo: »Razumije se po sebi, da kemija mora sada kvasac brisati iz svojih kemijskih spojeva, jer to nije kemijski spoj, nego organizovano tijelo, živo biće!«

Kritika Berzeliusova nosi jamačno biljeg raspoloženja svoga vremena, jer pada upravo u ono vrijeme, kad je pošla za rukom Berzeliusovu učeniku, Fridriku Wöhleru (god. 1828.), prva sinteza organskog kemijskog spoja iz anorganskih tvari, a za tu se sintezu Berzelius osobito oduševio i stupio u prve redove onih, koji su na osnovi tog rezul-

tata organske kemije ustali protiv nazora, da kemijski spojevi u živim bićima nastaju djelovanjem posebne v i t a l n e sile. Mora mu se zato oprostiti, što je tako površno prešao preko rezultata znamenitih mikroskopika o naravi kvasca i to s tim više, što je u tom istom izvješću za god. 1830. iznesao zanimljivu i istom kasnije pravo shvaćenu ideju o analogiji između djelovanja kvasca na sador s djelovanjem t. zv. spužvaste platine na vodikov prekis. Kaošto naime kvasac svojom prisutnošću izazivlje raspadanje sladora na alkohol i ugljičnu kiselinu, tako i naskroz anorganska tvar, u prah smrvljena kovina platina, samo svojom prisutnošću izazivlje raspadanje vodikova prekisa na vodu i kisik. Ideja je ta istom u novije vrijeme došla do znamenovanja u nauci o fermentima i enzimima, pa ćemo se dolje pobliže upoznati s njom.

I J u s t u s v o n L i e b i g izjavio se je za kemijski nazor o vrenju u posebnoj raspravi, izašloj u analima kemije god. 1839. U toj svojoj raspravi veli L i e b i g u glavnom ovo: Vrenje uopće, a isto tako truhnjenje i gnjiljenje treba staviti pod isti princip. To su oksidacijoni procesi, različni samo po stupnju oksidacije. Faktori, koji kod tih procesa sudjeluju, a zovemo ih f e r m e n t i, nijesu ž i v a bića, odnosno ž i v o t njihov nije od nikakove važnosti za pojavu, što ju zovemo vrenjem. Djelovanje fermenta ima se svesti na to, što je to tijelo, k o j e s e s a m o l a k o r a s p a d a, pa onda taj proces raspadanja prenosi na druge tvari, na pr. na sador, kad dođe s njim u doticaj u zgodnim prilikama. Prema tomu fermenti vriju i sami, kao i tjelesa, što dolaze po njima u vrenje. Zato se fermenat za vrijeme vrenja n e u m n a ž a, nego se dapače umanjuje. »Koji su produkti, — kaže L i e b i g doslovno, — što se stvaraju kod te pretvorbe fermenata, nije još istraženo, samo se zna gledom na njihov sadržaj na dušiku, da se taj nalazi u provreloj tekućini kao a m o n i j a k.« Sami se pak fermenti stvaraju u biljkama, i to iz njihovih bjelanjčastih sastojina, premještanjem atomskih skupina u njima. Svojim pak raspadanjem, kod kojeg se iz njih odcjepljuje amonijak, daju fermenti p o t i c a j za vrenje sladora.

Zanimljivo je, da su ovako razvijeni nazori o vrenju bili gotovo općenito priznati — jamačno poradi velikog autoriteta Liebigova — ne samo u Njemačkoj, nego i u Francuskoj.

Istom g. 1857. javljaju se epohalne radnje velikog P a s t e u r a o vrenju, koje su skupljene u opsežnoj raspravi: »Mémoire sur la fermentation alcoolique«, izašloj god. 1860. Ta rasprava pobjeđuje sjajno

nazore Liebigove, kraj sveg žestokog otpora i napadaja Liebiga i njegovih pristaša.

P a s t e u r je ponajprije eksperimentalno utvrdio, da su produkti alkoholnog vrenja uz ugljičnu kiselinu i alkohol još i glicerin i jantarna kiselina, ali da nema a m o n i j a k a, koji je Liebiga doveo do njegova nazora o vrenju i raspadanju s a m o g fermenta. Pogrješka ta o stvaranju amonijaka kod vrenja sladora nastala je tako, što su istom sredstva, upotrebljena za dokazivanje amonijaka, oslobodila amonijak iz bjelančastih tvari kvasca. Što se pak tiče sudjelovanja kvasca kao fermenta, dolazi P a s t e u r do ovog zaključka: nikada ne će nastupiti alkoholno vrenje sladora, ako nijesu kod toga p r i s u t n e ž i v e s t a n i c e k v a s c a. Obrnuto, kvasne se gljivice u m n a ž a j u u prisutnosti sladora, koji se nalazi u vrenju. Same stanice kvasca žive inače tako, da u povoljnim prilikama s obzirom na temperaturu i vlagu rastu na račun tvari, koje izgrađuju njihovo tijelo, a kod toga oslobađaju nešto ugljične kiseline, alkohola, glicerina i jantarne kiseline. Dođu li pak stanice kvasca u doticaj s vodenom otopinom sladora kod povoljne temperature, to one nastavljaju svoj život i rast u istom smislu kao i prije, ali je u tom slučaju rast i razvoj njihov daleko energičniji, jer je zbog prisutnosti sladora količina života vanredno porasla. A porasla je zato, jer raspadanjem sladora oslobođena energija stupa u akciju u životnim procesima kvasnih gljivica. »K e m i j s k i p r o c e s vrenja pojava je u glavnom takova, da prati ž i v o t n i p r o c e s kvasca, zato se vrenje s njim počinje i svršava; alkoholno vrenje bez istodobne organizacije, razvoja i umnažanja kvasca, t. j. bez nastavka ž i v o t a njegova, ne može postojati. Svikoliki rezultati mojih radova dovode me do sasma protivnih nazora, nego što su Liebigovi i Berzeliusovi.«

God. 1861. nadopunio je P a s t e u r svoje nazore o alkoholnom vrenju još jednim važnim nadodatkom, naime, da kvasac može i bez kisika iz zraka živjeti i umnažati se, i to zato, jer potrebni kisik oduzimlje sladoru, pa se sador kod toga raspada na ugljični dvokis i alkohol. Imaju li kvasne gljivice dosta slobodnog kisika iz uzduha na raspolaganju, to ne izazivlju vrenja sladora.

L i e b i g je nemilosrdno ustao protiv P a s t e u r a. Između ostalog veli, »da je stara vitalna sila prošloga stoljeća u modernom ruhu uskrsla, da objašnjava dapače sasvim jednostavne kemijske procese«. I zatim: »Pitamo li istraživače s mikroskopom, šta je zapravo fermenat alko-

holnog, mliječnokiselog, maslačastog itd. vrenja, to dobivamo za odgovor ime jedne vrste gljivicâ!«

No činjenice su se sve više množale u korist Pasteurovih nazora i tako je Liebigov nazor sve više gubio tlo ispod nogu, ma da su mnogi njemački kemici, na pr. znameniti B a y e r, nastojali pomiriti i tako opravdati Liebigov nazor o vrenju nepobitnom činjenicom, da je kvasac ž i v o biće. Ali im P a s t e u r još jednom (god. 1875.) dovikuje: »Vrenje je posljedica života bez uzduha, života bez kisika. Općenitije: svako živo biće, svaki organizam, svaka stanica, koja ima sposobnost, da obavlja kemijsku radnju, a da se kod toga ne služi slobodnim kisikom iz uzduha, izazivlje pojav vrenja. Drugim riječima, vrenje nije drugo, nego posljedica posebnog načina života, hranidbe i asimilacije, koji se od načina života i hranidbe svih običnih živih bića tim razlikuje, da se ona sagorijevanja, što ih uzrokuje kisik, udisan iz uzduha, naknađuju toplinom, koja se oslobađa raspadajem tvari (na pr. sladora), u kojima se kisik nalazi u vezanom stanju. A te se upravo tvari mogu nazvati sposobnima za vrenje uopće.«

U to je doba P a s t e u r o v a teorija vrenja postigla svoju kulminaciju.

Doskora se naime počinju javljati nazori, koji se ne zadovoljavaju ni Liebigovim ni Pasteurovim tumačenjem o vrenju. Mi se u prikazivanje tih nazora ne ćemo upuštati. Istaknut ćemo samo konačno za nauku o fermentima i enzimima osobito važno otkriće, koje je pošlo za rukom spomenutom već kemiku Eduardu B u c h n e r u i to god. 1897., te je za to dobio i Nobelovu nagradu.

B u c h n e r je naime kvasne gljivice najprije ribanjem s pijeskom razmrvio, dakle usmrtio, a onda istisnuo iz njih jakim tiskalom sok. A taj je s o k kadar sâm za sebe, bez prisutnosti ž i v i h stanica kvasca izazvati vrenje sladora. Na osnovi toga u nauci je o vrenju održao pobjedu nazor, da je vrenje kemijski proces, k o j i n i j e b i t n o v e z a n n a ž i v o t u z r o č n i k a v r e n j a. Time je ujedno nauka o fermentima stupila u novu fazu, koja se može nazvati e n z i m o k e m i j a. Prije nego li se upoznamo s najvažnijim tečevinama te nauke, istaknut ćemo još i to, da pitanje alkoholnog vrenja nije s B u c h n e r o v i m otkrićem privedeno sasvim kraju. U najnovije vrijeme pojavili su se ozbiljni naučni zastupnici, koji jasno ističu veliku razliku između djelovanja Buchnerova soka iz kvasca i samih ž i v i h kvasnih

gljivica kod jakosti alkoholnog vrenja. Među ovima se nalazi i naš jugoslavenski mladi fiziolog, docent beogradske univerze, učenik franceskih fiziologa, dr. Ivan G j a j a.

Nauka o fermentima i enzimima nije se dakako bavila jedino alkoholnim vrenjem. Poput kvasnih gljivica otkriveni su još mnogi drugi sićušni organizmi, mnoge druge vrsti gljivicâ ili bakterijâ, koje su uzrok raznim drugim vrenjima, kod kojih nastaju iz kompliciranih organskih spojeva jednostavniji, na pr. mliječna kiselina, maslačna kiselina itd. ali i anorganski, na pr. amonijak kod t. zv. amonijakalnog vrenja mokraće. Osim toga su izlučeni p o m o ć u vode i pomoću g l i c e r i n a iz raznih organa životinjskih i bilinskih sokovi, koji posjeduju sposobnost, da razgrađuju organski materijal, t. j. masti, ugljikohidrate i proteine. Isto je tako konstatovano, da se u bilinskim i životinjskim sokovima, na pr. u krvi, u želučanom soku, u slini itd. nalaze također neke sastojine, koje imaju sposobnost u živom organizmu, ali i izvan njega uzrokovati raspadanje i rastvaranje spomenute organske građe živih bića. A kako se mikroskopom nijesu dale pronaći u takovim sokovima žive stanice, stvorio se je zaključak, da se iz bilinskih i životinjskih stanicâ izlučuju kemijske sastojine, koje imaju slična svojstva s kvaščevim gljivicama. Zato su već odavno razlikovali o r g a n i z o v a n e f e r m e n t e t. j. žive stanice, koje razaraju organske spojeve, i onda n e o r g a n i z o v a n e f e r m e n t e, t. j. kemijske produkte živih stanica, koji više ne nose na sebi životnu strukturu, ali su ipak kadri analogno djelovati kao i spomenute žive stanice. Ovi potonji fermenti nazvani su e n z i m i. A otkad je B u c h n e r u pošlo za rukom, te je dokazao, da se i u organizovanim fermentima, na pr. u kvaščevim gljivicama također nalaze samo posebne kemijske sastojine, koje su razlog, da čitava gljivica ima svoje fermentativno djelovanje, došla je nauka o fermentima i enzimima pod jedinstveni princip, t. j. prešla je u e n z i m o k e m i j u.[1]

Danas znamo, da su prerazlični enzimi onaj faktor u živim bićima, kojemu se ima pripisati veliki dio one zasebne i do nedavna mistične moći žive stanice i živih bićâ, pomoću kojeg im polazi za rukom kod obične, relativno niske temperature i bez jakih kemijskih sredstava izazvati najraznoličnije kemijske promjene. I to ne samo promjene u s m j e r u r a s t v a r a n j a i a n a l i z e o r g a n s k o g materijala,

[1] Grčki ἐν ζύμῃ = u kvascu. B u c h n e r je nazvao enzim iz kvasca: zimaza.

nego i u obrnutom smjeru, t. j. u smjeru izgrađivanja i sinteze masti, ugljikohidrata i proteina. I nema sumnje, da će nam pogled u pravu narav enzimâ objasniti mnogo od zamršenosti i nejasnosti sintezâ i analizâ u živim bićima, što više, da će i organsku sintetičku kemiju, koja ide drugim putovima no živo biće u svom radu, dovesti jamačno do ostvarenja najviših njenih ciljeva.

No danas smo još na početku otkrićâ i objašnjenjâ prave naravi enzimâ, koji neprestano posluju u živim bićima.

Ma da je u živim bićima otkriveno u pojedinim organima i tkivima mnoštvo raznih enzimâ, ipak o njihovu kemizmu, t. j. o tom, kakova su to tjelesa u kemijskom pogledu, u koju grupu spojeva spadaju, ne znamo još gotovo ništa. Iz organa i organizama nijesmo još danas kadri izlučiti enzime u čistom stanju, naime kao kemijske individue; kvaseći i drobeći (macerirajući) neki organ u vodi ili u glicerinu dobivamo otopine enzimâ, koje se poznaju po svom djelovanju na stanovite grupe organskih kompliciranih spojeva, na pr. po djelovanju na masti (lipolitički fermenti ili enzimi!) na ugljikohidrate (diastatički!) i na proteine (proteolitički fermenti ili enzimi!). Osim toga, što znamo, da se većina do danas tako otkrivenih enzimâ topi u vodi i glicerinu, znamo još i to, da se u tim vodenim otopinama ponašaju slično kao i koloidi. Zato su došli nekoji istraživači — među njima i znameniti E. Fischer — na misao, da su enzimi također spojevi bjelančaste naravi. Drugi opet istraživači na tom području ističu, da enzimi i fermenti uopće nijesu tjelesa jedne stanovite i stalne grupe organskih spojeva, nego da među enzime spadaju spojevi iz raznih grupa tjelesâ, ali snabdjeveni stanovitim zajedničkim karakterističnim svojstvima. Prema tomu imali bi kod enzimâ više posla sa svojstvima, nego li sa stanovitim kemizmom!

Imena do danas otkrivenih enzimâ građena su obično prema kemijskoj naravi onog tijela, onog supstrata, na koji je dotični enzim kadar djelovati. Navest ću u narednoj tabeli nekoliko najobičnijih i najvažnijih enzima, u toj se tablici ujedno razbira: 1. reakcija, t. j. kemijska promjena, kod koje dotični enzim sudjeluje, 2. podloga ili supstrat, na koju djeluje, 3. produkti, koji kod toga nastaju i 4. ime dotičnog enzima. Evo te tabele:

Reakcija	Supstrat	Produkti	Enzim
Hidroliza	masti	masne kiseline + glicerin	lipaza
"	škrob, glikogen	maltoza, (dekstrin)	amilaza
"	inulin	fruktoza	inulinaza
"	glukozidi	glukoza + sladorni ili alkoholni preostatak	maltaza
"	fruktozidi	fruktoza + sladorni preostatak	invertaza
"	proteini	albumoze, peptoni	pepsin, papain
"	proteini, albumoze, peptoni, peptidi	peptidi, amidokiseline	tripsin, erepsin
"	mokraćevina	$CO_2 + NH_3$	ureaza
Prenos kisika	peroksidi	redukcijoni produkti + O	peroksidaze
Raspadaj	vodikov prekis	molekularni kisik + voda	katalaze
nepoznati procesi uz koagulaciju	kazein, fibrinogen	parakazein, netopivi fibrin	himozin, fibrinferment
vrenje	mliječna kiselina	alkohol + CO_2	laktacidaza
oksidacija	aldehidi	kiseline	aldehidaze

Kako se iz navedene tabele razbira, sudjeluju enzimi osobito kod rastvaranja organskih tvari, ali i kod drugih reakcija, na pr. kod prenašanja kisika, oksidacija, a i kod takovih procesa, koji danas još nijesu kemijski objašnjeni. Kako se pak raspadanje organskih spojeva djelovanjem enzimâ odigrava obično u prisutnosti relativno znatnih količina vode, to su najobičniji procesi, što ih enzimi izazivaju, hidrolize.

Već smo spomenuli tvrdnju, da enzimi ne razgrađuju samo komplicirana organsku građu, nego da oni jamačno sudjeluju i kod izgrađivanja ili sinteze te građe u živim bićima. A to je osobito važna stvar.

Kako je to moguće?

Dok mi možemo dosta lako zamisliti, da neki mikroorganizam, neka gljivica ili stanovita njena sastojina, koju zovemo enzim, razara, rastvara u prisutnosti vode na pr. škrob u slador ili mast na masne kiseline i glicerin, to nam na prvi mah nije lako shvatljivo, da bi isti taj enzim bio kadar i obrnuto djelovati u prisutnosti vode, t. j. iz sladora izgraditi škrob, odnosno iz glicerina i masnih kiselina samu mast ili ulje.

Da uzmognemo zaviriti malo dublje u te prilike, potrebno je najprije odgovoriti na pitanje, kako mi tumačimo djelovanje enzimâ, koja je uloga njihova kod kemijskih procesa, kaošto su hidrolize ili primjerice oksidacije? Šta se zbiva kod toga sa samim enzimima?

Evo, šta nam je u tom pogledu kadra kazati nauka o enzimima!

Još god. 1830. nabacio je — kako smo već gore spomenuli — B e r z e l i u s misao o sličnosti između djelovanja enzimâ i između nekih naskroz jednostavnih anorganskih tjelesa, na pr. spužvaste platine, raznih kiselina i lužina. U to naime vrijeme bilo je već poznato, da se vodikov prekis raspada na vodu i kisik u p r i s u t n o s t i lužina (Thenard) i da se škrob raspada na slador u p r i s u t n o s t i razrijeđenih kiselina (Kirchhoff); da p r i s u t n o s t koloidne platine pospješuje mnoge reakcije, na pr. spajanje vodika i kisika (Döbereinerova svjetiljka); da n a z o č n o s t sumporne kiseline omogućuje stvaranje etera iz alkohola uz zagrijevanje do stanovite temperature (Mitscherlich). Takova pak tjelesa, koja svojom prisutnošću pospješuju stanovite kemijske reakcije, u prvom redu raspadanja i oksidacije, nazvana su k a t a l i z a t o r i. A pojava je sama nazvana k a t a l i z a.

Ali ideja o sličnosti između djelovanja k a t a l i z a t o r a u mrtvoj prirodi i u laboratoriju, i onda e n z i m â i f e r m e n a t â u živoj prirodi, što ju je nabacio B e r z e l i u s, ostala je u nauci o fermentima dugo neopažena. Razlog je tomu jamačno taj, što ni pojava katalize niti uloga katalizatora kod navedenih i sličnih reakcija nijesu još bili malo dublje i svestranije proučeni. Istom u novije vrijeme, s razvojem zasadâ fizikalne kemije, uneseno je u to područje nešto više svijetla, osobito zaslugom W. O s t w a l d a i B r e d i g a.

Katalizatori prozvani su anorganskim fermentima, odnosno fermenti i enzimi katalizatorima. Tako primjerice H. E u l e r, jedan od najmarljivih radnika na području enzimokemile, definira enzime ovako: »Pod enzimima ili neorganizovanim fermentima razumijevamo tjelesa nepoznatog još kemijskog sastava i konstitucije, koja pripadaju životinjskom ili bilinskom carstvu. A ta su tjelesa kadra p o s p j e š i v a t i kemijske reakcije ponajprije u samom organizmu, ali onda i također neovisno o organu ili stanici, od koje proizlaze. Pojam enzima pada dakle poradi toga pod daleko širi i dalekosežniji pojam katalizatora«.[1]

Pa šta to znači, da katalizatori, odnosno i enzimi svojom p r i s u t n o š ć u samo p o s p j e š u j u kemijske reakcije?

Da uzmognemo to razumjeti, moramo najprije istaknuti, da se u tom pogledu mogu kemijske reakcije, kemijski procesi uopće podijeliti na dvije grupe:

1. Ima vrlo velik broj kemijskih procesa, koji se o d m a h odigravaju. Dodamo li na pr. otopini kuhinjske soli nešto otopine srebrenog nitrata, to će se o d m a h oboriti talog srebrenog klorida.

2. Ali ima i takovih kemijskih procesa, što trebaju s t a n o v i t o v r i j e m e, koje se dakako može i mjeriti, dok dođu do konačnog svog stadija. Dodamo li primjerice masti vruće lužine, to se mast ne će odmah pretvoriti u sapun i glicerin, nego će taj proces, što ga zovemo osapunjenje ili saponifikacija masti, trebati stanovito vrijeme, da se dovrši.

Kod ovih potonjih kemijskih reakcija može se očito govoriti i o njihovoj b r z i n i. Jer neka će reakcija uz stanovite prilike trebati sad više, sad manje vremena, da dođe do svog konačnog stadija, pa ćemo onda reći, ona teče brže ili polaganije.

A kako da sebi predočimo brzinu neke kemijske reakcije?

Pada li voda s višeg na niži položaj, prelazi li elekriciteta s mjesta višeg potencijala na mjesto nižeg elektrijskog potencijala, struji li toplina s tijela od više temperature na tijelo od niže temperature, to se može kod tog prelaženja govoriti o brzini. I to, brzinu tog prelaza dat će nam snošaj između količine pale vode, elektricitete i topline spram proteklog vremena. I kemijska se reakcija može predočiti kao strujanje materije s v i š e g kemijskog potencijala, t. j. s tijela, koje ima u

[1] H. E u l e r: Allgemeine Chemie der Enzyme. Wiesbaden. 1910.

sebi više kemijske energije, na tjelesa *niže g* kemijskog potencijala. Kod toga se stanovita tjelesa troše za kemijsku reakciju. Brzinu ćemo dotične kemijske reakcije zato naći tako, *da odredimo onu količinu tjelesâ, što sudjeluju u reakciji, koja se troši za tu reakciju u jedinici vremena.*

Još je jedna stvar osobito važna kod onih kemijskih reakcija, koje se ne odigravaju odmah, nego trebaju za to stanovito vrijeme. Reakcije te ne stižu obično sasvim do kraja, nego se u njima uspostavlja nakon stanovitog vremena mirovanje, koje su nazvali stadij *kemijske ravnoteže.* Tako na pr. stvara se djelovanjem *kiselinâ* na *alkohol* tijelo, koje zovemo *ester*, i onda *voda*. I ta reakcija treba za svoj tok stanovito vrijeme. Ali ona ne teče sasvim do kraja. Nastali naime ester i voda reagiraju u obrnutom smjeru, t. j. počinju stvarati opet alkohol i dotičnu kiselinu. Zato tu reakciju bilježimo ovako:


alkohol + kiselina ⇄ ester + voda.

Umjesto znaka jednakosti stavljamo znak ⇄, koji nam govori, da prema prilikama teče napisana kemijska reakcija sad u stanovitom, sad u protivnom smjeru. U toj se reakciji nakon stanovitog vremena uspostavlja mir, t. j. kemijska ravnoteža, točka ili stadij, u kojem je očito *energija* čitavog ovog procesa na najnižem mogućem stepenu i zato više ne može da teče reakcija ni na koju stranu. Tu točku možemo mi dakako naći. Podvrgnemo li primjerice gore napisanu kemijsku reakciju nakon stanovitog vremena analizi, to možemo saznati, koliko je u dotičnoj tekućini svakog od tjelesa, što tu dolaze u obzir, t. j. koliko je u tekućini alkohola, kiseline, estera i vode. Tako ćemo primjerice naći, da će u onom slučaju, kad uzmemo jedan grammolekul običnog alkohola, pa mu dodamo jedan grammolekul octene kiseline, konačni sastav čitave smjese biti ovaj:

$\frac{1}{3}$ gram. mol. alkohola + $\frac{1}{3}$ gram. mol. kiseline + $\frac{2}{3}$ gram. mol. estera + $\frac{2}{3}$ gram. mol. vode. Taj ćemo pako *konačni sastav* dobiti i u onom slučaju, kad pođemo s protivne strane, t. j. kad pomiješamo jedan grammolekul estera i jedan grammolekul vode. Zato velimo, da u ovoj reakciji nastaje kemijska ravnoteža i zato ovu i njoj slične reakcije bilježimo:


alkohol + kiselina ⇄ ester + voda.

Iz svega ovoga slijedi, da se sve one reakcije, što smo ih kadri uvrstiti u drugu, gore istaknutu skupinu, mogu *dvojako* mijenjati.

U jednu ruku može im se pospješiti ili usporiti *brzina*, a u drugu, može se u njima *točka ravnoteže* pomaknuti sad više na lijevo, sad više na desno. Budući pak da je u točki ravnoteže došla kemijska energija, kojom teče sama reakcija, na *najniži stepen*, na točku mirovanja, to je očito, da u onom slučaju, kad želimo pomaknuti stadij ravnoteže više na desno ili više na lijevo, moramo u reakciju privesti *nove količine energije.* Drugim riječima, moramo dodati bilo jednih, bilo drugih tjelesa, koja će donijeti sa sobom nove energije, da pomakne točku ravnoteže bilo na jednu bilo na drugu stranu.

Ali i *brzina* se spomenutih reakcija može mijenjati. U tu svrhu ne treba u reakciju privesti *novih količina energije.* Treba samo udesiti, da već prisutne energije što laglje i brže stupe u akciju. I eto! Ta se sposobnost pripisuje *katalizatorima* a isto tako i *enzimima.*

Budući da se katalizatori kod reakcijâ, u kojima sudjeluju, *ne troše*, to oni nijesu kadri u samu reakciju unijeti novih količina energije. Oni samo *pospješuju brzinu reakcijâ*, koje su već u toku, ali im je često brzina upravo neznatna. Zato se u tim slučajevima čini, kao da katalizatori *izazivaju* dotičnu reakciju. Tako primjerice spužvasta platina, taj najobičniji i već dugo upotrebljavani katalizator uzrokuje, kad dođe u smjesu plinova vodika i kisika, spajanje tih plinova u vodu. Zatvorimo li vodik i kisik u omjeru, u kojem stvaraju vodu, u jednu bocu, to će oni kod obične temperature mirno ostati jedan pored drugoga i ne će stvarati vode, ne znam, koliko vremena. Tako se čini na prvi mah. Dođe li pak u tu smjesu spužvasta platina, vodik i kisik, počet će se odmah udruživati u vodu i kod obične temperature. No istraživanja, što ih je izveo *Bodenstein*, pokazala su, da se vodik i kisik u spomenutim prilikama i bez spužvaste platine kod obične temperature udružuju u vodu, samo je *brzina* tog udruživanja tako *neznatna*, da bi se prisutnost producirane vode mogla zamijetiti istom nakon *dugog niza godina*. Spužvasta je platina dakle onaj faktor, koji je u tu reakciju kadar tako zahvatiti, da joj *pospješi* brzinu. Zato se ona kod toga ne troši, jer za pospješenje brzine ne treba novih količina energije.

Zgodno je prikazao W. *Ostwald* ulogu katalizatora kod kemijskih reakcija ovom slikom. Stavimo metalni uteg, na pr. od 500 gr., na vrh izbrušene, nagnute ploče. Nagnemo li tu ploču tako, da uteg *polagano* spuzne po njoj na dno, predočili smo tok kemijske reakcije,

koja treba stanovito vrijeme, da dođe u svoj konačni stadij ravnoteže. Namažemo li onda dno utega uljem, to će uteg jamačno spuznuti po jednako nagnutoj ploči mnogo brže. Ulje je kod toga obavilo ulogu katalizatora. Ulje naime, koje je razlog, da je uteg brže stigao na dno ploče, nije nipošto unijelo u sâm ovaj proces nove količine energije, ali je uplivalo na formu producirane energije. Puže li uteg samo uslijed svoje težine po izbrušenoj ploči, to se gotovo sva energija poradi trenja pretvara u toplinu, tako da uteg stiže na dno ploče s vrlo malo kinetičke energije. Nasuprot, kad je dno utega namazano uljem (ulje = katalizator), gotovo će sva energija biti prisutna u utegu na koncu pada u formi kinetičke energije, jer se je samo malo energije pretvorilo u toplinu.

Ova nam slika prikazuje i ulogu katalizatora kod kemijskih reakcija. Spužvasta platina primjerice ne donosi nove energije u kemijske reakcije, kod kojih sudjeluje, ne pomiče zato točku ravnoteže kemijske ni na desno ni na lijevo. Ali spužvasta je platina od upliva na formu producirane energije kod neke reakcije i zato ta reakcija teče kod obične temperature znatno brže, tako da joj rezultate lako zamjećujemo i brzo dolazimo do njih.

Katalizatora i katalitičkih reakcija ima vrlo mnogo. Nekoje se i tehnički izrabljuju. Tako se u novije vrijeme producira sumporna kiselina na veliko t. zv. kontaktnim postupkom, kod kojega djeluje koloidna platina ili njoj slični katalizatori tako, da svojim kontaktom, t. j. svojom prisutnošću pospješuju znatno spajanje sumpornog dvokisa s kisikom iz vrućeg uzduha u sumporni trokis, t. j. u sumpornu kiselinu. Ali smjesa sumpornog dvokisa i uzduha mora biti ugrijana na visoku temperaturu, t. j. mora imati u sebi znatne količine energije, a katalizator onda samo upliva na to, da ta raspoloživa energija brže stupi u akciju, t. j. da se znatno pospješi reakcija između SO_2 i kisika iz zraka, koja inače i kod vrlo visoke temperature teče vanredno polagano. I sama se voda može smatrati katalizatorom u najširem smislu. Potpuno suhi amonijak i potpuno suhe pare klorovodika ne udružuju se odmah u salmijak! A i inače velika većina tjelesa, koja bi u suhom stanju vanredno polagano stupala u kemijsku reakciju, otopljena u vodi od[illegible]ah reagira međusobno.

Još nam je istaknuti jedno svojstvo katalizatora. Njihovo se djelovanje očituje već u relativno malenim količinama. Bredig je primjerice dokazao, da živa može djelovati kao

katalizator u tako tankom sloju, koji odgovara tek promjeru jedne molekule. Za praktičku upotrebu katalizatora ovo je njihovo svojstvo također od osobite važnosti, uz ono već prije spomenuto, da se katalizatori kod svog djelovanja ne troše i to zato, jer niti ne produciraju energije niti stupaju u kemijsku vezu i kemijske promjene same reakcije, kod koje sudjeluju. Nakon dovršene reakcije oni su u istom stanju kao i onda, kad je reakcija započela.

To su glavna svojstva katalizatora. Imajući ih pred očima, bit će nam jasno, da neki katalizator može sudjelovati u raspadajnom procesu, u kemijskom procesu analize i u procesu sinteze. Dođe li naime katalizator u doticaj s čistim produktima, što su nastali iz kemijske analitičke reakcije, u kojoj nastaje kemijska ravnoteža, to će taj katalizator sada pospješiti i reakciju u sintetičkom smislu. Ali samo do točke ravnoteže. Kako smo rekli, katalizator nije kadar te točke pomaknuti ni na lijevo ni na desno. Njegov se upliv očituje samo na brzini reakcije!

Sve su to nesamo interesantna, nego i važna svojstva i za procese u prirodi i za one, koji se zbivaju u našim laboratorijima i našim kemijskim tvornicama.

Nema zato sumnje, da se je nauka već odavna pitala, odakle katalizatorima takova svojstva, kako dolaze oni do toga, da su kadri pospješiti brzinu kemijskih reakcija? Šta se primjerice nalazi u spužvastoj platini, da je kadra zapaliti vodik na zraku kod obične temperature? Može li se narav katalizatorâ svesti pod neki jedinstveni princip?

Mnogi su katalizatori poput spužvaste platine koloidna tjelesa, t. j. njihova je građa vanredno rahla i šupljikava, tako da i malena količina predstavlja vrlo veliku površinu. Tako se računa, da jedan gram koloidne platine reprezentira površinu od neko 300 m². Na toj površini, u tim šupljinicama, nakupe se onda tjelesa, na pr. plinovi vodik i kisik tako, da su im najmanje čestice njihove vrlo blizu. A kako kemijsko spajanje nastaje između najmanjih čestica, to je time katalizator dao priliku, da su se te najmanje čestice tako međusobno približile, te moraju doći do očitovanja i djelovanja sile njihove kemijske srodnosti, koje onda ujedinjuju, spajaju čestice vodika i kisika u novo tijelo, u vodu. Da li je tomu baš tako, nije sigurno. Ovu misao o djelovanju katalizatora vanredno velikom površinom izrazio je već veliki Faraday, a u novije ju je vrijeme nešto dublje obrazložio študij koloidnih tjelesa i djelovanja velike njihove površine. No treba

odmah nadodati, da svi katalizatori nijesu koloidi. Kod tih onda ne može doći u obzir djelovanje njihove površine. Zato su gore spomenuta pitanja o pravom faktoru, koji leži u katalizatorima i opravdava njihov učinak, danas još neriješena. No ima nade, da će ih nauka o katalizatorima, koju još čeka mnogo posla, sve dublje i svestranije osvjetljivati!

Toliko o katalizi i katalizatorima!

Rekli smo već, da se i enzimi smatraju katalizatorima po glavnim svojim učincima. Ni oni naime ne ulaze u konačne produkte reakcije, kod koje sudjeluju, a isto tako pokazuju malene količine enzimâ jednaki efekat kao i veće. Hammarsten je primjerice dokazao za enzim, što smo ga na našoj tabeli (vidi str. 207.) zabilježili kao himozin, da stanovita količina tog enzima (njem. se zove »Labferment«) može usiriti 400.000 puta toliko bjelanjčaste tvari u mlijeku (kazeina). I enzimi su obično koloidna tjelesa, pa prema tomu i po tom svojstvu, u prvom redu po velikoj površini, koju malena njihova količina predočuje, nalikuju na tipične katalizatore.

Ma da ima još čitav niz svojstava, koja su zajednička i enzimima i anorganskim katalizatorima, tako da je izvan svake sumnje, da enzimatičke reakcije stoje u istoj kategoriji s katalitičkima, t. j. da i za enzimatičke reakcije vrijedi sve ono, što smo gore rekli o brzini i kemijskoj ravnoteži kod katalitičkih reakcija, to ipak ima i mnogo razlikâ i nesuglasja između enzima i katalizatora. To nam ne smije biti na čudo, kad znamo, da su katalizatori obično jednostavna anorganska tjelesa, i to bilo sami elementi (na pr. koloidna platina), bilo opet anorganski spojevi (na pr. kiseline), dok je kod enzimâ, kao produkata žive stanice, kemijski sastav očito mnogo kompliciraniji. Kemijski nam sastav njihov nije još danas niti poznat! No ipak je proučavanje enzima kao katalizatora objasnilo već danas mnogo od njihove specifične naravi. U tom pogledu treba osobito istaknuti rad i ideje E. Fischera, koji je lijepom slikom pokušao prikazati pojavu, da primjerice dva vrlo srodna sladora, koji se razlikuju samo po svojoj optičkoj aktivnosti, nijesu kadra stupiti u stadij vrenja u doticaju s jednim te istim fermentom. Zato drži E. Fischer, da između unutarnje kemijske strukture enzima i onoga kemijskog tijela, na koje je dotični enzim kadar djelovati, mora postojati stalan neki odnošaj, koji se najbolje može prikazati uporedbom s ključem i ključanicom. Samo onaj enzim, koji pristaje uz kemijsku građu nekog supstrata kao ključ u bravu, može djelovati na taj supstrat. Za vrijeme svog djelovanja, na pr. za vrijeme vrenja sladora, nalazi se enzim kao ključ u bravi, t. j. on se nekako bliže udružuje i privezuje uz supstrat, ali na koncu procesa ostaje on nepromijenjen i nije se kemijski spojio s produktima, što su kod tog procesa nastali. Upravo, kao kad izvadimo ključ iz otključane brave! Slika 35. prikazuje nam slikovito, kako bi od prilike mogla odgovarati konfiguracija jednog enzima konfiguraciji stanovitog sladora, a ipak može samo desni ili samo lijevi slador stupiti sa stanovitim enzimom u bliži odnošaj i prema tome u doticaju s njime provreti. Neka nam ta slika predočuje doista konstatovani fakat, da slador, nazvan α-maltoza, može provreti s jednim enzimom, koji se zove maltaza, a zrcalna slika tog sladora, dakle β-maltoza, ne može dakako provreti s maltazom, nego s drugim enzimom, koji odgovara njoj i zove se emulzin.

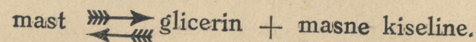


Sl. 35. Sličnost u konfiguraciji između enzima i supstrata.

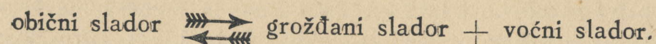
Uloga enzimâ u živim bićima od velikog je znamenovanja osobito za procese hidrolize masti, ugljikohidrata i proteina. Oni se kod tih hidroliza, koje se zbivaju u prisutnosti vode, ponašaju u glavnom kao katalizatori. Zato se drži, da već sama voda, t. j. njezini ionti (voda = HOH $\rightleftarrows$ $H^+ + OH^-$), hidrolizira t. j. rastvara masti, ugljikohidrate i proteine na jednostavnije spojeve. Samo ta hidroliza teče upravo vanredno polagano. Prisutnost enzimâ pako pospješuje znatno brzinu te hidrolize i tako je moguće, da se procesi raspadanja organskog materijala lako i brzo i bez jakih kemijskih agensa zbivaju uslijed važnog i odlučnog sudjelovanja enzimâ.

No u živim bićima izgrađuje se također organski materijal, proteini, jamačno iz aminokiselinâ, ugljikohidrati iz jednostavnih sladora, na pr. iz dekstroze, a masti iz glicerina i masnih kiselina. Da li i kod tih procesa, t. j. kod osobito za život važnih sinteza, također imaju udjela enzimi? Nema sumnje, da imaju. Kako enzimi djeluju kao

katalizatori samo na brzinu kemijske reakcije, a nijesu kadri pomaknuti kemijsku ravnotežu ni na lijevo ni na desno, to oni očituju svoj upliv ne samo onda, kad dođu u doticaj s gotovim mastima, ugljikohidratima i proteinima, nego i onda, kad dođu u doticaj u prisutnosti vode s njihovim raspadajnim produktima. Enzim lipaza primjerice djeluje na masti. Proces je kod toga ovaj:



Zadaća je lipaze p o s p j e š i t i ovu reakciju u jednom ili u drugom smjeru, kako nam to pokazuju ove strjelice, i to prema tomu, da li dolazi u doticaj sa samom masti ili pak s glicerinom i masnim kiselinama. U prvom se smjeru odigrava hidroliza masti, a u drugom sinteza. I doista! Pošlo je za rukom i i z v a n ž i v i h b i ć a, pomoću lipaze, ne samo hidrolizirati mast, nego i sintetizirati. Stavimo li lipazu u prisutnosti vode u doticaj s glicerinom i masnim kiselinama, to ćemo nakon stanovitog, dosta dugog vremena moći konstatovati, da se glicerin i masne kiseline udružuju u mast. Isto se je tako dokazalo i za neke druge enzime, pa je danas pošlo za rukom umjetno sintetizirati ne samo masti, nego i ugljikohidrate, dapače neki istraživači tvrde i proteine ovim putem, koji se može nazvati e n z i m a t i č k a s i n t e z a. Jedna je samo stvar kod toga upala u oči, naime, da za takove sinteze treba dosta d u g o vremena. Razlog je tomu jasan. Enzimi djeluju kao katalizatori. Oni nijesu kadri pomaknuti točku kemijske ravnoteže ni na lijevo ni na desno. Ravnoteža pak nalazi se kod procesa hidrolize masti, ugljikohidrata i proteina daleko na desnoj strani, t. j. hidroliza teče gotovo sasvim do kraja, do raspadajnih produkata. To se lijepo razabira na ovom primjeru. Enzim i n v e r t a z a sudjeluje kod raspadanja običnog sladora (saharoze) na voćni slador i grožđani slador prema jednadžbi:



Reakcija se zbiva u prisutnosti o b i l j a v o d e i teče tako, da se je u točki ravnoteže 99% običnog sladora raspalo na sastojine, t. j. na grožđani i voćni slador. To će reći, dođe li invertaza u prisutnosti vode u doticaj sa samim grožđanim i voćnim sladorom, to će se stvoriti samo 1% običnog sladora i reakcija će doći do mrtve točke, do svoje kemijske ravnoteže. Ali ne tako brzo! A. W. V i s s e r izračunao je za

stanovitu jakost otopine običnog sladora, da je brzina gore napisane reakcije takova, te 6 d a n a treba, da se dođe do ravnoteže, polazeći od strane običnog sladora, a polazeći od njegovih sastavnih dijelova, t. j. od grožđanog i voćnog sladora, doći će se do ravnoteže, naime do toga, da će se sintetizirati samo 1% običnog sladora, istom za 10 m j e s e c i. Tako je to i kod drugih enzimatičkih sinteza i nema sumnje, da ta okolnost uvelike otešćava eksaktni dokaz za enzimatičku sintezu proteinâ. Ujedno se uslijed ovog fakta rađa pitanje, imaju li takove enzimatičke sinteze kakovu važnost za objašnjenje kemijskih sinteza u živim bićima. U njima se naime odigravaju sinteze, primjerice proteinâ iz aminokiselina, v r l o b r z o. Slaba bi nam korist bila, da se gladni najedemo najbolje hrane, kad bi se ona za vrijeme probave hidrolizirala, — kako to faktički i jest, — a za sintezu bi opet trebalo mjeseci i mjeseci. Iz jednostavnih sladora, a isto tako iz aminokiselina, gradi naš organizam o d m a h naše komplicirane ugljikohidrate (glikogen) i proteine naše krvi i naših tkiva. Imamo li prema onomu, što smo gore konstatovati o trajanju enzimatičkih sinteza, pravo misliti, da se i te sinteze u našoj krvi i stanicama zbivaju pod uplivom enzimâ? Odgovor konstatovali o trajanju enzimatičkih sinteza, pravo misliti, da se i te sinteze zbivaju pod utjecajem enzima. No budući da su takovom enzimatičkom sintezom nastala tjelesa obično u v o d i n e t o p i v a, to svaka i najmanja količina nastalog produkta istupa odmah iz same reakcije i nije od upliva na daljnji tok njezin baš zato, jer je u vodi netopiva, a reakcija se odigrava između topivih tjelesa. A kako to neprestano teče, to se i neprestano stvara sintetički produkat, a ipak ne dolazi tako lako do mrtve točke, do kemijske ravnoteže. To se može i pokusom dokazati kod takovih katalitičkih procesa, koji se zbivaju u vodenoj otopini, a jedan je od nastalih produkata u vodi netopiv.

Sve u svemu može se već danas kazati, izvan svake je sumnje, d a s u f e r m e n t i i e n z i m i p o s v o m d j e l o v a n j u u g l a v n o m k a t a l i z a t o r i. Time pak bačen je dublji i jasniji pogled u njihovo poslovanje i u živim bićima i izvan njih kod kemijskih procesa, koji se odigravaju u doticaju s njima. Istina, analogija između enzima i katalizatora nailazi na znatne nesuglasice, ali treba imati na umu, da ni svojstva katalizatora i njihovo djelovanje nije još dans objašnjeno. Istom su fiksirane neke osnovne zasade, koje se mogu ispitivati kod kemijski dobro proučenih i poznatih tjelesa. A fermenti i enzimi su nam po svom kemizmu još sasvim nepoznata tjelesa. Isto tako ne znamo

gotovo ništa o tom, kako dolazi do stvaranja tih nadasve važnih organa u kemijskom poslovanju žive stanice. Kako i zašto oni nastaju u živim bićima?

No gore smo istaknuli, da su na tom području nauke o životu koncentrovane ponajbolje sile, pa ima nade, da će nam skora budućnost donijeti i u tom pogledu zanimljivih i važnih rezultata.

Nauka o enzimima i fermentima kao o katalizatorima znači za pogled u kemizam žive prirode vrlo mnogo. Ona nam naime pokazuje, da se svojstva i djelovanja najkompliciranijih tjelesa žive prirode ne razlikuju bitno od jednostavnih procesa i promjena u mrtvoj prirodi.

3. Asimilacija ugljičnog dvokisa.

Proces kemijski, što ga zovemo asimilacijom ugljičnog dvokisa, spominjali smo već češće i isticali smo njegovu važnost za životne prilike na našoj Zemlji. Kemijska se ta promjena odigrava u zelenim biljkama, a kod nje se u jednu ruku stvara iz anorganskog materijala i to iz ugljičnog dvokisa i vode (zato bi se i trebala uvijek nazivati: proces asimilacije ugljičnog dvokisa i vode!) organski materijal živih bića, a u drugu ruku, kod tog se kemijskog procesa sakuplja i veže u organskom materijalu ona sunčana energija, što kasnije sudjeluje kao aktivna i pokretna živa sila u svimkolikim životnim procesima na našoj Zemlji. Ako je tako, onda je bez sumnje potrebno, da malo iz bližega promotrimo taj proces. Što više, naše bi nastojanje moralo ići za tim, da se o tom kemijskom procesu raširi u misaonom čovječanstvu ne samo poznavanje, nego i neko dublje poštovanje velikog znamenovanja njegova. A kad tamo, mjesto uz pratnju bučnih zvona i himnâ svećeničkih, asimilacija se ugljičnog dvokisa i vode odigrava neopaženo, mirno i polagano: djevičansko se zeleno bilje kupa u blagim sunčanim zrakama, dok vjetrić tiho miluje lišće njegovo, a ptice cvrkutom svojim pozdravljaju blagotvorni svjetlosni dar, što ga božansko Sunce rasiplje širokom rukom na bijednu i mukotrpnu našu Zemlju. Možda će jednom nastati vrijeme, kada će se važnim prirodnim pojavama iskazivati misaono i pjesničko bogoslužje, a ne kao danas neprirodnim, iako mističnim, dugotrajnom tradicijom i dubokim vjerovanjem posvećenim »čudesima«! Zgodno reče jedan naš prirodoslovac, da su u prirodnim stvarima čudesa tako potpuna i mnogobrojna, da obično nisu predmet čuđenja.

Evo, što se u glavnom danas zna o procesu asimilacije ugljičnog dvokisa i vode.

Ponajprije nam je istaknuti, da kraj sve fundamentalne važnosti toga procesa za život i biljaka i životinja nije on još danas potpuno objašnjen, ma da su se njim bavili i sada se bave naučenjaci iz mnogih područja prirodnih nauka, poglavito botanici, kemici i fizičari.

Da se biljke hrane iz zraka, t. j. da izgrađuju ugljikove spojeve, od kojih im se tijelo sastoji, iz plinovitog spoja ugljika i kisika (CO_2), što ga ima u uzduhu nešto oko 0.05%, a da kod toga otpuštaju iz sebe drugi jedan plin i to kisik (O_2), može se utvrditi raznim pokusima. Do

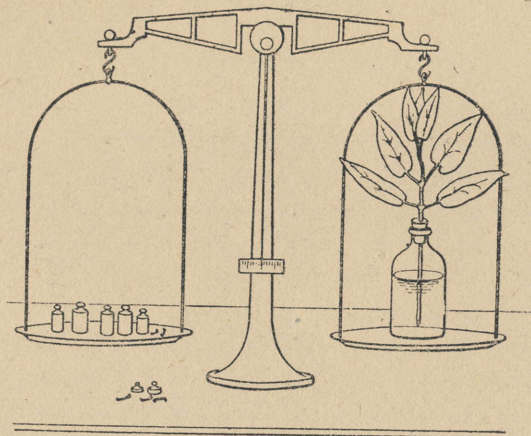


Sl. 36.

ove su spoznaje istraživači došli na osnovi pokusa već pred više nego sto godina i to poglavito Ingenhousz (1779.) i Theodor de Saussure (1804.). Zaronimo li primjerice zelenu grančicu u cilindar s vodom (vidi sliku 36.) i postavimo na sunčano svijetlo, to ćemo vidjeti, kako se iz vode dižu neki mjehurići plina. Saberemo li nešto tog plina, možemo se uvjeriti pokusom, da je to kisik. U drugu ruku, stavimo li na vagu bocu, u koju je zataknuta zelena grana, (vidi sliku 37.) koj se je lišće raširilo po uzduhu, a na nj pada sunčano svijetlo, to će za neko vrijeme — ma da je vaga bila postavljena točno u ravnotežu — prevagnuti na stranu, na kojoj se nalazi zelena grana. Ona je dakle iz uzduha primila u sebe hranivi materijal, a mnogostrani su pokusi dokazali, da je to bio upravo spomenuti plin, ugljični dvokis.

Ugljični dvokis došao je u zelene dijelove bilja iz uzduha kroz mikroskopski malene otvore i šupljinice, koje se poglavito nalaze na bilinskom lišću, kako nam to pokazuje mikroskopski prorez kroz bilinski list (vidi sliku 38.). Kroz te pukotine ili puči (*s* na slici!) zbiva se transpiracija ili izmjena plinova u biljci.

No ugljični dvokis ne ostaje kemijski nepromijenjen u bilinskom listu, odnosno u stanicama, što ih vidimo, kako izgrađuju bilinski list. On stupa u kemijsku reakciju s v o d o m, što je biljka crpe iz tla pomoću korijenja, a dolazi u lišće i njegove stanice posebnim cjevčicama, koje se na lišću razabiraju kao žilice ili t. zv. nervatura lista. Kao prvi

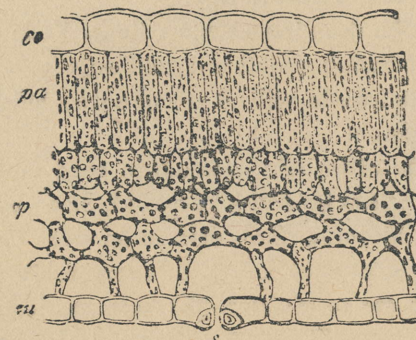


Sl. 37.

vidljivi i točno određeni produkt te reakcije može se konstatovati ugljikohidrat, što smo ga već upoznali pod imenom š k r o b a (amylum). Ali od ugljičnog je dvokisa i vode do škroba s obzirom na kemijski njihov sastav vrlo velik skok. Dok ugljični dvokis ima u sebi samo j e d a n atom ugljika, to se u škrobu, ukoliko se to još danas sigurno može kazati, nalazi jamačno na stotine, a možda i na tisuće ugljikovih atoma. Pred nama se dakle u zelenom bilju zbiva organska kemijska sinteza i to vrlo brzo i bez sudjelovanja izvanrednih kakovih kemikalija, kakvu još nijesmo kadri izvesti umjetno u laboratoriju. Baš zato nijesmo kadri još danas objasniti potpuno kemijski put, kojim se dolazi od anorganskih spojeva vode i ugljičnog dvokisa do kompliciranog organskog spoja, ugljikohidrata škroba.

Fakat je, da kod tog procesa sudjeluju: ugljični dvokis, voda, sunčano svijetlo, zelena boja bilja (klorofil) i napokon ž i v a bilinska stanica. Da uzmognemo baciti pogled u sam taj proces, potrebno je, da uglavimo točno sudjelovanje svakog od ovih faktora kod asimilacije ugljičnog dvokisa.

Stavimo li u doticaj vodu i ugljični dvokis, to će voda upiti u sebe plin CO_2, dobit ćemo vodenu otopinu, odnosno f i z i k a l n u smjesu tih dvaju tjelesa. Jedno ćemo odijeliti opet vrlo lako od drugoga fizikalnim putem, na pr. isparivanjem. Zato velimo, voda i ugljični dvokis nalaze se svako za sebe kao potpuno zasićeni spojevi u čvrstom i stabilnom stanju, tako da između njih ne dolazi lako do k e m i j s k o g procesa, u kojem bi stanovite sastojine iz jednoga tijela prešle u drugo. A u zelenoj biljci nastaje iz vode (H_2O) i ugljičnog dvokisa (CO_2)



Sl. 38. Prerez kroz list od bukve; *s* puč.

škrob, t. j. ugljikov hidrat, koji ima u sebi ugljika, v o d i k a i kisika! Mora dakle da je kod procesa asimilacije vodik izašao iz vode i stupio u ugljični dvokis, dakako na mjesto jednog dijela kisika, koji je zato morao izaći iz ugljičnog dvokisa. To je onaj kisik, kojim bilje osvježuje uzduh naših šuma, parkova i vrtova. Ali voda i ugljični dvokis treba da su najprije bili bačeni iz svoje stabilnosti, treba da je neka sila ili e n e r g i j a razdrobila njihove zasićene molekule, da se iz njih mogu udružiti one sastojine, oni atomi, što izgrađuju velike molekule škrobove.

I nema sumnje, da je za to potrebna znatna količina energije! A kad se pitamo, odakle je došla ta energija do zelenih bilinskih stanica, u kojima se zbiva sinteza škroba iz vode i ugljičnog dvokisa, to je

odgovor jasan: ona dolazi do njih sa Sunca i to svjetlosnim njegovim zrakama. Jer bez sunčanog se svijetla ne stvara škrob u zelenim bilinskim stanicama. O tom se možemo uvjeriti ovim jednostavnim pokusom. Uzmemo zelen list bilinski, u kojem u tom momentu nema škroba. Kako već otprije znamo, škrob ćemo upoznati po tom, što se s otopinom joda u jodkaliju bojadiše ljubičasto. Zatim izvrgnemo takav list svijetlu, ali tako, da je na stanovitom mjestu zastrt tamnim predmetom. Kušamo li poslije nekog vremena jodom, ima li u našem listu škroba, to ćemo ga naći po cijelom listu, osim na onom mjestu, koje je bilo zastrto. To se mjesto ne će jodom obojadisati ljubičasto. Taj i mnogi drugi pokusi iznijeli su na vidjelo, da je za asimilaciju ugljičnog dvokisa neminovno potrebno svijetlo i to kao ona energija, ona živa sila, koja miče ugljični dvokis i vodu iz njihova stabiliteta i dovodi tako do kemijske reakcije između njih.

Ali nije u tu svrhu dovoljno samo svijetlo. Voda i ugljični dvokis mogu godinama i godinama stajati izvrgnuti svijetlu, a ipak ne će doći do kemijske reakcije između njih. A u zelenoj biljci stvara se, eto, brzo i lako iz njih škrob!

Ovdje dolazi do očitovanja sudioništva onog faktora asimilacije, što smo ga nazvali zelena boja ili klorofil. Samo biljke, koje imaju u svojim stanicama klorofila, (koji dakako ne mora biti uvijek zelen!) mogu asimilirati ugljični dvokis, t. j. iz anorganskih spojeva stvarati organsku građu. Pa šta je taj klorofil i koja mu je uloga kod našeg procesa? Mi smo već govorili o njegovu kemizmu. Istaknuli smo sličnost njegove kemijske građe s kemijskom građom crvene boje krvi ili hemoglobina, odnosno hematina. Willstätter je dokazao, da se u klorofilu mjesto željeza u hematinu nalazi magnezij. Mi znamo i to, da se klorofil sastoji iz dviju komponenata, naime iz pravog klorofila i iz karotina, odnosno oksidacijonog produkta njegova, koji se zove ksantofil. Prva je komponenta zelena, druga žuta; kad lišće u jeseni požuti, izgubilo je iz svojih stanica klorofil, a ostao je žuti ksantofil, jer je trajniji i otporniji.

U svježem zelenom lišću nalazi se klorofil u obliku zrnaca, uklopljen u protoplazmi stanica, kako to pokazuje znatno uvećana slika jedne takove bilinske stanice. (Vidi sliku 26.)

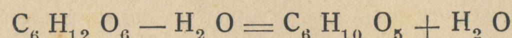
I eto, prisutnost tih zrnaca omogućuje asimilaciju ugljičnog dvokisa! Kako i zašto? Jamačno po svom odnošaju spram svjetlosnih zraka. Fakat je naime, da klorofil upija ili apsorbira stanovite zrake

sunčanog svijetla i to crvene i žute (Frauenhoferove linije B i C). A pokusi su pokazali, da je optimum sposobnosti asimilacije koje zelene biljke upravo u području ovih svjetlosnih zraka. Misli se zato, da klorofilna zrnca upijaju iz sunčanog svijetla spomenute zrake, a upravo one donose sa sobom onako transformiranu energiju, da je kadra narušiti stabilitet ugljične kiseline i vode i izazvati tako njihovo kemijsko udruživanje. Odnosno, da se za taj proces podesna transformacija sunčane energije odigrava u zrncima klorofilnog zelenila. Zato bez njih ne može biti procesa asimilacije. Ali kako se ta transformacija zbiva i kakove su to forme energije, što se iz žutih i crvenih sunčanih zraka oslobađaju i stupaju u akciju, o tom se još ništa ne zna pobliže. U drugu se ruku ističe, da klorofil možda sâm po svojem labilnom kemijskom sastavu pogoduje procesu asimilacije. Molekule su naime njegove velike, pa je lako moguće, da se u tim velikim molekulama zbivaju takova premještavanja atoma i atomskih skupina, koja povlače za sobom u kemijsku igru inače stalne i zasićene molekule vode i ugljičnog dvokisa. No i ta je misao samo hipoteza, koja još nije pobliže utvrđena pokusima.

Napokon moramo priznati i to, da kraj vode, ugljičnog dvokisa, sunčanog svijetla i klorofila, sudjeluje još jedan faktor kod stvaranja škroba u zelenoj biljci, ma da i o njegovu sudioništvu ne znamo ništa pobliže kazati. Proces se naime asimilacije ugljičnog dvokisa zbiva uz spomenute uvjete samo u živoj stanici, živoj protoplazmi. Svi pokusi, da se taj proces realizira izvan žive stanice, nijesu još do danas urodili uspjehom. Fakat taj ne mora odmah u nama poroditi misao, da se u živoj protoplazmi nalaze baš zato, jer je »živa«, neke mistične i natprirodne sile, koje istom stavljaju u konačnu akciju spomenute prirodne uvjete za proces asimilacije. Ni najmanje! On nam samo govori, da još nijesmo točno uočili sve fizikalne i kemijske faktore ovog procesa, pa da se u protoplazmi nalaze još neotkriveni faktori, jamačno fizikalne i kemijske naravi, koji moraju imati sudioništva kod procesa asimilacije. Da li je to labilni fizikalno-kemijski stadij žive protoplazme uslijed koloidne naravi njene, ili možda još neotkriveni i nepoznati katalitički agensi, koji neprestano u njoj djeluju, o tom će odlučiti daljnje eksperimentalno istraživanje tog procesa.

Obratit ćemo sada našu pažnju kemijskim produktima procesa asimilacije. Rekli smo, da je prvi, točno uglavljeni produkt škrob. Škrob pako spada u grupu t. zv. polisaharida, t. j. ugljikovih hidrata,

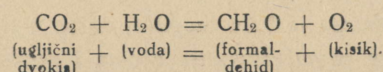
kojima su molekule izgrađene iz molekula jednostavnih uglikohidrata, od kojih je kao izlazna točka poznat grožđani slador ili dekstroza: $C_6 H_{12} O_6$. Drži se da je škrob neki multiplum ovakovih molekula, koje su se udružile uz gubitak vode. Dakle:



$$C_6 H_{12} O_6 - H_2 O = C_6 H_{10} O_5 + H_2 O$$

A škrob bi bio onda: $(C_6 H_{10} O_5).n$, gdje nam nije točno poznata veličina faktora *n*, ali se drži, da je dosta znatna.

Još godine 1870. iznesao je njemački organski kemik A. pl. B a e y e r hipotezu, da kod procesa asimilacije nastaje iz ugljičnog dvokisa i vode najprije jednostavni organski spoj ugljika, vodika i kisika, nazvan formaldehid. Stvar se može ovako predočiti kemijskim formulama:



$$CO_2 + H_2O = CH_2O + O_2$$
(ugljični dvokis) + (voda) = (formaldehid) + (kisik).

To će reći: iz ugljičnog dvokisa izlazi j e d a n atom kisika, a na njegovo mjesto dolaze d v a atoma vodika iz vode; tako nastaje CH_2O t. .j formaldehid, a oba se atoma kisika (jedan iz CO_2 i jedan iz H_2O) udružuju u molekulu kisika i to je onaj plinoviti kisik, što izlazi iz zelenog bilja za vrijeme njegove asimilacije na sunčanom svijetlu. Sad — tako veli dalje Baeyerova hipoteza — iz formaldehida, koji kao i svi aldehidi ima sposobnost polimerizacije, t. j. udruživanja pojedinih molekula u veće komplekse, u veće molekule, lako se stvara: $6 \times C H_2 O = C_6 H_{12} O_6$ t. j. dekstroza. A iz dekstroze kao iz jednog od najnižih ugljikohidrata izgrađuje se onda škrob kao jedan od najviših ugljikohidrata i to najviših po veličini svoje molekule. I to na način, kako smo već čas prije istaknuli, t. j. polimerizacijom.

Kolikogod se ova hipoteza čini jednostavnom i opravdanom, kad imamo na umu svojstva aldehidâ, među kojima je formaldehid najjednostavniji i prvi član, a onda sposobnost ugljikohidrata, da se u p r i s u t n o s t i f e r m e n a t a iz viših stvaraju niži i obrnuto iz nižih viši, ipak još do danas nije uspjelo potpunoma eksperimentalno utvrditi spomenutu hipotezu. Najveća je poteškoća, što se u biljkama ne da za vrijeme asimilacije dokazati prisutnost formaldehida. Istom u najnovije vrijeme, čini se, pošlo je za rukom naći taj spoj u bilinskim stanicama. Razlog pako, zašto je tako teško naći u zelenim biljkama taj inače lako uglavljivi organski spoj, jamačno je u onom općenitom pojavu, što se po-

kazuje kod kemijskih procesa u živim bićima, da se stanoviti, p o s r e d n i kemijski produkti nalaze i stvaraju u njima u minimalnim količinama. Neprestano i neprekidno teče proces dalje, pa se i ne zamjećuju sve stepenice, kojima on prolazi. Istom kad dođe u konačni svoj stadij, t. j. kad se u našem slučaju stvori škrob, može se naći veća količina tako nastalog produkta. Iz toga slijedi, da kod objašnjenja kemijskih procesa u živim bićima igraju osobito važnu ulogu mikrokemijske metode, pa ima nade, da će usavršenjem ovih metoda konačno biti objašnjen i postanak škroba u zelenom bilju. Dakako da uz B a e y e r o v u hipotezu o tom procesu ima još i drugih nazora i hipoteza, no mi se ne ćemo pozabaviti njima dalje. Glavna nam je svrha bila, da u kratkim potezima prikažemo sudioništvo pojedinih faktora asimilacije i put, kojim eventualno teče ovaj bez sumnje najvažniji kemijski proces na našoj Zemlji.

Procesom asimilacije ugljičnog dvokisa stvara se dakle u zelenom bilju organska materija, organska građa živih bića! Baš zato je zelena biljka prvotno i najsamostalnije biće na našoj Zemlji. Biljke, koje u svojim stanicama nemaju klorofila, pa i sve životinje i čovjek, ovise potpuno o zelenim biljkama. Životinjska stanica zaostaje po svojim sintetičkim sposobnostima daleko za stanicom, koja ima u sebi klorofila. Životinjska naime stanica mora za svoj rast i razvoj primati već g o t o v i organski materijal i ona ga je kadra samo prekrajati prema svojim potrebama. Mi ćemo u narednom poglavlju čuti, kako i životinjska stanica u tom svom poslovanju pokazuje sintetičke sposobnosti, no izvan svake je sumnje, da je život njezin izražen i podržavan trošenjem, o k s i d a c i j o m već gotove komplicirane organske građe. Kod toga razara životinjska stanica pomoću kisika organski materijal sve do produkata, s kojima je zelena biljka svoj sintetički rad započela, t. j. do vode i ugljičnog dvokisa. Iz ovih može sinteza iznova započeti. Opet će se kod te sinteze vezati u novo stvorenom materijalu s u n č a n a e n e r g i j a u obliku t. zv. kemijske energije, koja drži na okupu mnogobrojne atome u velikim molekulama organskih spojeva, u prvom redu škroba, iz kojeg onda nastaju kemijskim promjenama drugi organski spojevi živih bića. Životinja pak preuzimlje s organskim spojevima stalnu količinu energije, koja se opet potpuno oslobađa, kad se organski materijal konačno razgradi do vode i ugljičnog dvokisa. Naše stanice zato rade s pomoću sunčane energije! A kako i bilje diše, t. j. pomoću kisika troši i razgrađuje sintezom u njemu nastale organske

spojeve, to i bilje može upotrebiti pohranjenu sunčanu energiju za manifestacije svojega života.

Posredovanjem asimilacije ugljičnog dvokisa zbiva se neprestano u nama i oko nas vječita izmjena materije i energije. Svaka biljka i svaka životinja prikuplja u sebi kemijsku građu, materiju i u njoj pohranjenu energiju. Kad ugine individuum, t. j. kad se razori i razruši organizovana građa njegova, onda preostaje od njega organski materijal, koji je izgrađivao stanice i tkiva njegova. Taj ne propada za život! No biljka ne može organski materijal uginulih životinja i uginulih bilina direktno upotrebiti za svoje kemijske procese sinteze i izgrađivanja nove žive materije. Između bilinskog i životinjskog carstva natiskuje se kao posrednik nebrojeno i silno mnoštvo mikroorganizama. Oni priječe, da ne propadnu velike mase organske građe za ekonomiju života na našoj Zemlji. Zato su oni najbliži posrednici harmoničnog odnošaja između biljaka i životinja, a taj odnošaj omogućuje trajan i bujan život jednih i drugih. Mikroorganizmi razrušuju kemijsku građu uginulih stanicâ i prevode je konačno u početni, anorganski stadij, između ostaloga poglavito natrag u ugljičnu kiselinu i vodu.

No sintetski rad neumorne bilinske stanice namiče tolike količine organske materije, da je organizmi nijesu kadri rastočiti sve do izlaznih i za život nadasve potrebnih i važnih anorganskih sastojina, t. j. ugljične kiseline i vode. Leševi nebrojenih biljaka pohranjeni su i pokopani u ogromnim naslagama ugljena pod korom zemaljskom. Ugljik ovih silnih masa potječe također iz ugljičnog dvokisa iz uzduha. On se vraća u svoju pradomovinu istom onda, kad ugljen izgori. Sve dotle je ugljik ugljenih naslaga mrtav za život. No ne samo biljke, nego i nebrojene životinje ne dospješe, da se raspadnu u svoje početne anorganske sastojine. Petrolej, što ga sišemo ispod kore zemaljske, smjesa je ugljikovih organskih spojeva, za koje se opravdano drži, da su nastali nepotpunim raspadanjem, t. zv. suhom destilacijom uz povišeni tlak životinjskih organizama. Kad gori petrolej, onda se istom ugljik tih organizama vraća u atmosferu kao ugljični dvokis uz oslobađanje energije svijetla i topline. Svijetlo dakle, što slabo tinja i dršće u petrolejskoj svjetiljci, nije ništa drugo, nego sunčano svijetlo, koje je pred tisućama i tisućama godina obasjavalo našu Zemlju!

Kako smo već u svoje doba istaknuli, troši se ugljični dvokis iz uzduha i time, što ga upija voda, a takova voda veže onda na sebe kovine, na pr. vapnik, magnezij, željezo, stvarajući tako karbonatno kamenje. I taj je ugljični dvokis oduzet iz kola života i mrtav za sumu života na našem planetu. No iz karbonatskog kamenja može jača koja kiselina istisnuti ugljični dvokis. Za prilike na našoj Zemlji dolazi u tom pogledu u obzir kremična kiselina, koja je kadra samo kod povišene temperature istisnuti CO_2 iz karbonata, pa zato stupa u akciju u unutrašnjosti naše Zemlje i istiskuje tako na vulkanske otvore silne mase ugljičnog dvokisa u atmosferu, da ondje stupi u igru života. Baš o toj borbi između kremične i ugljične kiseline — kako je već bilo govora — uvelike ovisi život našeg planeta, pa je opravdana bojazan, da će se ugljični dvokis iz uzduha postepeno i polagano vezati na kovine i izgraditi kamenu koru zemaljsku i tako zauvijek nestati iz igre života, koja bi poradi toga mogla sve više malaksavati te konačno zapeti i prestati.

Iz svega ovog razabiramo, od kojeg je znamenovanja proces asimilacije ugljičnog dvokisa za postanak organske tvari u svijetu organizama. Razabiramo, kako je stanica, koja ima u sebi klorofila, osnovka, izlazna postaja za građu svih živih bića. Vidimo, kako se kod toga procesa obavlja tok i prelaz tvari i energije iz t. zv. mrtve prirode u živu. Vidimo putovanje ugljika, bitnog elementa svih organskih spojeva, važnih za građu živih bića, tim procesom do na prag života. Put se njegov nastavlja prelazom iz biljke u životinju, a iz ove opet u ponajviše slučajeva natrag u mrtvu prirodu. No to putovanje i ta igra ne prestaje, nego se opet iznova nastavlja.

Nema u svijetu mirovanja. Stanica, koja očituje znakove života, nikada ne miruje. Nalazi se u neprestanom poslu, u neprestanoj izmjeni sa svojom okolinom. I baš taj kontinuitet njezina poslovanja osobito je karakterističan za njen život u vezi s brzim slijedom procesâ i promjenâ, što se u njoj zbivaju. Jer i t. zv. mrtva priroda ne miruje. Ali promjene, što se u njoj zbivaju, teku obično vanredno sporo i polagano, tako da ih jedva i zamjećujemo. Baš zato nam se i čini »mrtva«. Nasuprot: zapne li samo na čas tok procesa i promjena u živoj stanici, teško je opet uspostaviti kontinuitet; stanica pogiba. Ali kemijske opeke, što su je izgrađivale, ne propadaju. Prelaze od individua k individuu, sad u carstvu biljaka, sad opet u carstvu životinja, ili opet u carstvu mrtve prirode. Elementi svih ovih carstva jesu isti

i jednaki, ma da nastupaju u najraznoličnijem međusobnom vezu i društvu. Jednu činjenicu treba kod toga naglasiti. Da neki elemenat, odnosno kemijski spoj bude uveden u igru životnih procesa, potrebno je uvijek posredstvo žive stanice. To nam najljepše govori proces asimilacije. Do danas poznatim kemijskim i fizikalnim metodama nijesmo još u stanju od anorganskih, a ni od najkompliciranijih organskih spojeva sastaviti ma i najjednostavnije živo biće. Zato je život za nas još uvijek neriješena tajna, koja se počinje već kod prve stanice. Nastojanje biokemije ide za tim, da prema skromnim svojim silama neumorno, postepeno i polako izluči iz zamršenog sklopa životnih procesa sve one, koji se daju svesti na fizikalne i kemijske procese u prirodi. Opravdana je nada, da se tim putem sve bliže prikučujemo k riješenju konačne tajne, kakogod se činilo, da smo od tog riješenja još nedogledno daleko.

Dojakošnji pogled u proces asimilacije ugljičnog dvokisa jedan je korak na tom putu, koji nam ujedno jasno iznosi na vidjelo, koliko još biokemijskih lijepih i velikih pitanja zove na rad i istraživanje ustrajnu i neustrašivu misaonu snagu čovjekovu.

4. Naša hrana i hranidba.

Prirodne su nauke mnogim dokazima utvrdile činjenicu, da naša Zemlja nije bila uvijek ovakova, kakovu je danas vidimo. Prohujale su na njoj mnogostruke i najraznovrsnije promjene, prije nego što su se na njoj pojavili prvi organizmi. Ti su morali biti biljke, jer samo stanice, koje imaju u sebi klorofila, mogu se hraniti anorganskim tvarima iz uzduha i tla. Osim toga, tijelo je njihovo moralo biti naskroz jednostavno, t. j. građeno od jedne stanice ili samo malena broja stanica. Onako otprilike, kakove su danas razne morske i slatkovodne alge ili resine.

Ali organizmi su se na našoj Zemlji sve više usavršivali, a nema sumnje, da će se i nadalje usavršivati. Građa njihova tijela postala je s obzirom na broj stanica, tkiva i organa sve sastavljenijom i kompliciranijom. I tako je kroz tisuće vijekova došlo od jednostavnih bićâ, što su nesvijesno tražila svoju hranu u pradavnim morima, do razvoja razumnih ljudi, koji su se velikim svojim tjelesnim i duševnim sposobnostima održali u borbi za opstanak u teškim i lagodnim prilikama života na našoj Zemlji.

Očito je, da se je divlji pračovjek hranio daleko primitivnije, nego što se mi danas hranimo. Zubalo diluvijalnog čovjeka puno je jače — kako se to na pr. vidi iz preostataka krapinskog čovjeka — nego modernog čovjeka. Ali već taj primitivni pračovjek bio je prvi prirodoslovac na našoj Zemlji. Svakidanjim iskustvom dolazio je on do raznih otkrića u prirodi, a ta su poglavito bila vezana uz one prilike i uz onaj rad, kojim je pračovjek tražio sebi i svojoj djeci hranu.

Historija kulturnog čovječanstva razvijala se je pod uplivom brojnih faktora, ali nema sumnje, da je i u tom razvoju igrala važnu ulogu potraga i borba za hranu.

I u sadanjem, velikom svjetskom pokolju, koji je krvavo otvorio novu epohu u razvoju država i naroda, zauzimlje pitanje hrane i prehrane jedno od osobito istaknutih mjestâ. Nauka, državna vlast, industrija i poljodjelstvo našle su se rukom o ruku, da to pitanje što uspješnije riješe. Duž nekoliko godina nametnut je kulturnom čovječanstvu silom prilika teški eksperimenat u pogledu hrane i hranidbe, u kojem su se imali okušati i snaga i znanje njegovo. Rezultat tog grandioznog, ali krutog eksperimenta razabira se u glavnim crtama već danas. Problem hrane i hranidbe u svojim je pojedinostima i mogućnostima tako zamršen, prema najraznoličnijim prilikama promjenljiv, pa poradi toga još neproučen i neriješen, da su uvelike zatajile one naučne maksime u pogledu hrane i hranidbe, na koje je doslije osobito čvrsto i nepopustljivo prisezala njemačka nauka na tom području. O tom se možemo uvjeriti, čitajući mnogobrojne rasprave o hrani i hranidbi, što ih je rat donesao sa sobom.[1]

Zato ne mislimo na ovom mjestu propisivati ljudima neke nepogrešive i jedino ispravne naučne propise o našoj hrani i hranidbi. I nakon ratnih iskustava moramo s rezignacijom priznati opravdanost riječi njemačkog kemika Justusa Liebiga, što ih je izrekao još pred neko 70 godina: »Vođen instinktom i ukusom iskusni je kuhar došao u pogledu izbora, sastava i priredbe jela i njihova slijeda do tečevina, koje nadvisuju sve, što su postigle kemija i fizika s obzirom na nauku o hranidbi.« Jer nehotice se pitamo, kako je došlo do toga, da su na-

[1] Na pr. E. Abderhalden: Die Grundlagen unserer Ernährung unter besonderer Berücksichtigung der Jetztzeit. Berlin. 1917. Na hrvatskom jeziku raspravice: V. Njegovan: Želudac i rat. Zagreb. 1918. i F. Bubanović: Naša hrana. Zagreb. 1915.

rodi sviju zemalja i vijekova izabirali iz svoje okoline, iz prirode, što ih okružuje, upravo ono za jelo, što im je neminovno potrebno i to bez najmanjeg poznavanja fiziologije hranidbe? Tko im daje direktivu u tom izboru?

Ja mislim, da je do tog došlo jamačno tako, što se je čovjek postepeno i polako r a z v i o, doduše u »borbi za opstanak«, ali ipak rukom o ruku, u harmoniji s vascijelim vanjskim svijetom, koji ga okružuje, a nije — kako se obično misli — bačen na našu Zemlju kao čedo drugog nekog svijeta u prolaznu svoju domovinu i dolinu suza. Iz te harmonične veze niklo je prokušano iskustvo čovječje. I dok se divimo sposobnostima dugotrajnog i zato gotovo nezamjetivog djelovanja i znamenovanja životnog iskustva, moramo također priznati i važnost i dubljinu onim pogledima i mislima, što ih je utvrdila i izrekla nauka premećući, ispitujući i ispoređujući one č i n j e n i c e i s k u s t v a, što su, reklo bi se, same po sebi izrasle. Nauka i nije drugo, — kako veli filozof Herbert S p e n c e r, — nego jedino neki v i š i stupanj svakidanjeg iskustva. Idući pak za višim ciljevima lako se posrne, — es irrt der Mensch, so lang' er strebt! Nema tako idealne nauke, a da u njoj ne bi bilo zabluda. A te su zablude često veće poticalo za napredak nauke, nego čvrste i nepromjenljive istine.

Iznijet ćemo zato ovdje u kratkim potezima najvažnije i najznačajnije rezultate nauke o hranidbi i hrani, jer se i iz njih razbira u jednu ruku, ukoliko je čovjek zavirio u tajne prirodine, a u drugu ruku, kako mu to znanje može biti i od koristi i pomoći u teškoj borbi za opstanak. Ponajprije nam je istaknuti neke općenite poglede i zasade.

Poput najnižeg organizma, koji sačinjava samo jedna stanica, čovječje je tijelo kao i tijelo svakog živog bića izgrađeno iz ovih kemijskih sastojina: 1. vode i anorganskih soli; 2. organskog dušičnatog (a to su uglavnom proteini ili bjelančevine!) i bezdušičnatog materijala (a to su uglavnom masti i nešto malo ugljikohidrata!). Sastojine su te već sadržane u oplođenom jajetu, kojim se započinje individualni rast i razvoj čovjekov.

U utrobi materinoj hrani se embrio čovječji direktno iz krvi materinje. Oplođeno se jaje razvija dalje asimilacijom hranivih tvari materije krvi tako, da iz njih nastaje vaskoliki anorganski i organski materijal, potreban za stanice, tkiva i organe, što polagano rastu. Narođenjem otkida se dijete iz utrobe materinje poput zrelog ploda sa stabla i

s prvim dahom svojim prima u krv svoju s a m o s t a l n o, preko svojih vlastitih pluća, jednu važnu hranivu sastojinu, a to je k i s i k iz uzduha. Može se reći, kad se je otkinula placenta, koja je vezala dijete uz majčin organizam, stupila su u akciju njegova pluća, da budu placenta, koja ga direktno spaja sa svijetom. Čovjek je stupio samostalno na prag života i svijeta!

Ali doista samo na prag. Jer organi za primanje i probavljanje hrane nijesu još razvijeni i snabdjeveni svim potrebnim pomagalima i sokovima, tako da je napršče prirodno upućeno na posebno izabranu i udešenu hranu, a to je m a j č i n o m l i j e k o. Zadaća je majčinog mlijeka za zdravi rast i razvoj djeteta od neprocjenive vrijednosti. I to upravo majčinog mlijeka, mlijeka žene, čovjeka, a ne drugih vrsta mlijeka, za kojima ljudi posežu bilo iz komoditeta, bilo iz nužde. Točne i svestrane kemijske analize čovječjeg mlijeka i onda mlijeka životinja u vezi s kemijskom građom čovječjeg tijela i proučavanja njegovih organa za probavljanje hrane, doveli su do sigurnog zaključka, da čovječje mlijeko sadržaje ne samo s v e hranive sastojine, t .j. vodu, soli, ugljikohidrate, masti i bjelančevine, što ih napršče treba za svoj rast i razvitak, nego da su te hranive sastojine i po svom o m j e r u i po svom suptilnijem k e m i z m u upravo specifično udešene za organizam čovječjeg dojenčeta. Istina, i u kravljem se mlijeku nalaze i soli i voda i masti i ugljikovi hidrati i proteini (bjelančevine), što ih čovjek može lako i dobro upotrebiti za hranu svojega tijela, ali ponajprije nije omjer, primjerice između masti i sladora, isti kao i u čovječjem mlijeku,[1] a onda — to je osobito važno — mast, što se nalazi u kravljem mlijeku (maslac), nije posve kemijski identična s mašću u čovječjem mlijeku. Hrani li se zato dojenče kravljim, umjesto materinjim mlijekom, to se na njegove organe probavne stavljaju p r e r a n o zahtjevi, kojima još nije kadro da lako udovolji. Poradi toga dolazi lako do poremećenja u tim organima, a to poremećenje može povući sa sobom i teže posljedice, pa se prema nazorima najodličnijih fiziologa golemi pomor dojenčadi ima upravo svesti na zlo izabrano mlijeko, što služi za hranu u prvim mjesecima života. N i k a o u č i t e l j i c a, n i k a o l i j e č n i c a, n e ć e ž e n a u č i n i t i v i š e z a d o b r o b i t č o v j e č a n s t v a, n e g o k a o z d r a v a d o j i t e l j i c a s v o j e d j e c e!

[1] U tom se pogledu podudara bolje s čovječjim mlijekom kobilje mlijeko.

No ni materinje mlijeko nije za dojenče hrana u idealnom smislu. Kako smo rekli, preko pluća, disanjem, ulazi u krv njegovu kisik, da se raziđe po svem tijelu i da obavlja u svim tkivima i stanicama neophodno važne procese oksidacije, bez kojih nema rada i života njihova. A taj kisik, kako nam je već otprije poznato, nosi po krvi crvena njena boja, nazvana h e m o g l o b i n. Taj hemoglobin ima u sebi ž e l j e z a i baš to željezo igra važnu ulogu kod prenašanja, vezanja i otpuštanja kisika u našem tijelu. Ne radi se tu o kakovoj znatnijoj količini željeza; odrastao čovjek jedva će u pet litara svoje krvi imati i dva grama željeza! Ali u majčinom mlijeku gotovo nema željeza. Zato se ne smije period dojenja naprščeta jedino majčinim mlijekom protegnuti predugo. Jer novorođenče raste tako, da u roku od šest mjeseci podvostručuje svoju težinu, na pr. od 3 kg na 6 kg. Nema sumnje, da mu se je kod toga podvostručila i količina krvi. A hemoglobin te krvi treba željeza i kako ga u majčinom mlijeku gotovo i n e m a, to treba najkasnije nakon 9 mjeseci dojenče početi h r a n i t i i drugom, dakako zgodno izabranom hranom. Jer bude li se dijete predugo hranilo j e d i n o mlijekom, lako se može dogoditi, da bude blijedo i slabokrvno.

Pod nježnim utjecajem blagog majčinog mlijeka razvijaju se polagano u dojenčeta organi i sokovi, potrebni za p r o b a v u hrane. I oni su isprva nježni. Zato dijete ne podnosi odmah jednaku hranu kao i odrastao čovjek. Zdravi materinji instinkt i baštinjeno iskustvo ravna njenom rukom u poslu hranjenja i izabiranja hrane za dijete. Ali i tu se događaju svijesno i nesvijesno pogrješke, koje rađaju zlim i teškim posljedicama. Zato treba majka da potraži savjeta i pouke sa stručne, osobito liječničke strane.

Odrastao čovjek upućen je i po prilikama, u kojima se nalazi, po svom dojakošnjem razvoju i po građi svog tijela na mješovitu, t. j. bilinsku i životinjsku hranu. To govori i građa njegovih zubi i izgled njegovih probavnih organa. Svi mi znamo, kakovi su zubi u travojednih životinja i kako je primjerice želudac u govečeta složen od tri dijela, što ih zovu burag, kapura i knjižišće. Hranive su naime tvari u biljkama zatvorene u celuloznim membranama, pa zato mora biljožderna životinja imati sredstva, da do njih što bolje dođe: tu su zubi hrapave površine, da bilinsku hranu što bolje razmrve, tu su dijelovi želuca, u kojima se hrana najprije kvasi i umekšava, da se onda ponovnim žvakanjem, t. zv. preživanjem što bolje usitni. Istina, i čovjek može da izrabi i probavi bilinsku hranu, ali po svojim sposobnostima zaostaje u tom pogledu

daleko za pravim travojedima. I to ne samo da čovjek vrlo malo može izrabiti hranive tvari iz bilina i bilinskih dijelova, koji su uklopljeni čvrsto u celulozu (sijeno, slama!), on probavlja dapače puno teže i one bjelančevine bilinskog porijekla, što se nalaze u plodovima i sjemenkama (grah, grašak!), do kojih lako mogu doći njegovi probavni sokovi, nego li bjelančevine životinjskog porijekla (meso, sir!). Zato drže najodličniji savremeni fiziolozi, da je za čovjeka najpodesnija mješovita hrana.

Dvojaku zadaću ima hrana u čovječjem tijelu. U jednu ruku mora unositi u čovječje tijelo takove opeke, takove kemijske sastojine, iz kojih se zida k e m i j s k a g r a đ a čovječjeg tijela, a to su primjerice anorganske soli naših kostiju, proteini našeg mesa, lipoidi našeg mozga itd. Krivo je mišljenje, da je takav građevni materijal potreban čovjeku samo dok raste. Nije! I potpuno odrastao individuum troši i izmjenjuje kemijsku građu svojega tijela, dapače i onu najčvršću, t. j. građu svojih kostiju, pa je zato potrebno donositi nove opeke za tu građu. U drugu ruku služi hrana čovjeku za produkciju e n e r g i j e, za oslobađanje one žive sile, koja stavlja u akciju i rad pojedine organe čovječjega tijela (srce, mišice, želudac, mozak itd.) i koja u obliku topline grije krv njegovu i drži na konstantnoj temperaturi od + 37° C.

Prema toj dvojakoj zadaći izabira onda čovjek svijesno i nesvijesno (dugotrajnim iskustvom!) hranivi materijal iz prirode, koja ga okružuje. Jela bilinskog i životinjskog porijekla najraznoličnija su i s obzirom na formu i s obzirom na dnevnu cijenu, ali im hraniva vrijednost ovisi jedino o gore spomenutoj dvojakoj zadaći, što je hrana ima u našem tijelu. A tu zadaću obavljaju posebne, djelotvorne kemijske sastojine naših jela i naše hrane. One su, kao i građa našeg tijela, od česti anorganske, a od česti organske kemijske naravi. Naša je anorganska hrana: 1. kisik iz uzduha, 2. voda i 3. soli. A organska je hrana zastupana s tri, nama već dobro poznate grupe prirodnih organskih spojeva, a to su: 1. ugljikovi hidrati, 2. masti i 3. proteini.

A) P r o b a v a i r e s o r p c i j a h r a n e.

Svakidašnje iskustvo, a i točno provedeni pokusi pokazuju, da se razne životinjske vrsti mogu hraniti potpuno jednakom hranom, a ipak će svaka od njih izgrađivati u svom tijelu svoje zasebne proteine, masti i ostale sastojine. Jedu li primjerice pas i mačka svinjsko meso i svinjsku mast, to će svako od njih iz tog hranivog materijala izgraditi

svoje specifično meso i svoju specifičnu mast, koja se doduše ne razlikuje bitno od svinjske, ali ipak pokazuje neka posebna karakteristična svojstva. U drugu ruku prima primjerice dojenče u majčinom mlijeku samo stanovite proteine, (mliječni albumin, mliječni globulin i kazeinogen!) iz kojih se onda izgrađuju u njegovu tijelu najrazličitiji proteini krvi i mesa, dapače i takovi, koji su po svom kemijskom sastavu znatno udaljeni od onih u mlijeku, a to su na pr. proteini nokata, kose itd.

Kako je to moguće?

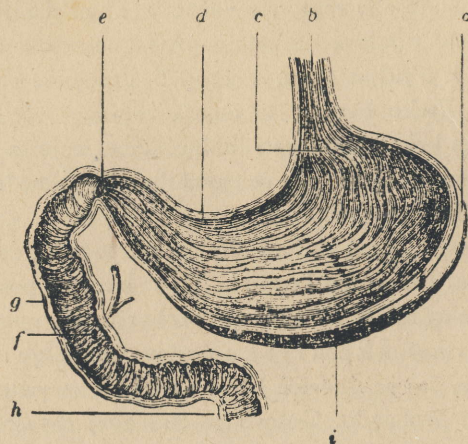
Jamačno tako, da hranive sastojine naše hrane ne dolaze u našu krv i u naše stanice u onom kemijskom obliku, kako su se nalazile u biljci ili životinji, od koje naša hrana potječe. One budu podvrgnute opreznoj ali temeljitoj kemijskoj reviziji, koja doduše ne ide tako daleko, da bi kod te revizije stvorena kemijska tjelesa izgubila svaku vezu s ugljikovim hidratima, mastima i proteinima, — jer onda bi hrana izgubila svoju hranivu vrijednost, — ali po svoj prilici dotle, da ugljikovi hidrati, masti i proteini, što ih primamo u našoj hrani, g u b e s p e c i f i č n e b i l j e g e s v o j e g a b i l o b i l i n s k o g b i l o ž i v o t i n j s k o g p o r i j e k l a. Ta se revizija obavlja za vrijeme onog procesa, što ga nazivljemo p r o b a v o m naše hrane. Probava dakle naše hrane nema samo tu zadaću, da hranive sastojine naše hrane dođu u takovu formu, da ih naš organizam može što laglje u svoju krv primiti i upiti, t. j. da u vodi netopljive ugljikove hidrate, masti i proteine pretvori iz koloidne modifikacije u kristaloidnu i u vodi topljivu, nego ima i tu zadaću, da se iz ugljikovih hidrata, masti i proteina načine takova indiferentna tjelesa, takove jednolične kemijske opeke, iz kojih može onda naš organizam samostalno i po volji brzo i jednostavno izgraditi svoje specifične masti, ugljikove hidrate i proteine. Da je tomu tako, dokazuje ovaj svakidanji primjer. Mi se primjerice hranimo sladorom iz sladorne repe. Kako nam je poznato, to je obični slador ili saharoza, koja po svom kemijskom sastavu spada među t. zv. disaharide t. j. sladore, koji se dadu rastvoriti na dvije molekule jednostavnije građenih sladora. No sama saharoza sasma se lijepo topi u vodi i iz te bi vodene otopine lako prodrla, došavši u naše probavilo, iz njega u našu krv. No to se ne događa tako. Hranimo li se saharozom, to će u našoj krvi nastupiti jednostavnije građen slador i to baš onaj slador, na koji se saharoza, a i većina ugljikohidrata raspada, kao na najjednostavniji slador, a to je dekstroza (grožđani slador), koja se još nazivlje baš zato, jer dolazi u krvi, i krvni slador. Probava dakle u ovom slučaju nije hranivu sastojinu pretvorila iz netopive u topivu modifikaciju, nego je iz nje načinila takovu indiferentnu opeku, iz koje onda može naš organizam po volji sazidati onakav ugljikov hidrat, kakav upravo treba i kakav je za naše tijelo i za našu vrst živih bića karakterističan, a to je g l i k o g e n. Zato je s pravom rekao H a m b u r g e r, da se uz pomoć probavnih organa i procesa, što se u njima zbivaju, najjače čuva s t a l n o s t životinjskih vrsta na našoj Zemlji!

Čovječji je probavni organ relativno dosta dugačka (oko 11 m), sad šira, sad uža cijev, samo na krajevima otvorena, a glavni su joj dijelovi usna šupljina, jednjak, želudac, dvanaesterac, tanko i debelo crijevo. S tom cijevi stoje u vezi vrlo važne ž l i j e z d e, koje u nju i to u stanovite njezine dijelove otpuštaju probavne sokove: 1. pljuvačku, 2. želučani sok, 3. trbušnu slinu, 4. žuč i 5. probavne sokove tankog i debelog crijeva. Preko ovoja, što omata želudac i crijeva, dolaze u stijenke probavila krvne kapilare i limfne žilice, koje se po njima razgranjuju, ali nijesu otvorene; one se završuju slijepo među stanicama na unutarnjoj površini probavila.

Probavilo i svi njegovi aktivni dijelovi od početka do kraja djeluju dvojako na hranu: fizikalno i kemijski. F i z i k a l n e poslove obavljaju razni mišići, naslagani u stijenkama probavila ili opet u najbližem kontaktu s probavilom, a k e m i j s k e poslove obavljaju znatne količine probavnih sokova, što se dnevice i to o s o b i t o za vrijeme jela i probave izlijevaju u probavilo. Gotovo se čini nevjerovatnim, da čovjek izlučuje na dan otprilike 1½ litre sline (pljuvače), 1½ l želučanog soka, ½ l trbušne sline i ½ l žuči. Posebno treba istaknuti, da je rad mišića probavila, a i izlučivanje probavnih sokova uvjetovano živčanim podražajima, dakle u vezi s živčanim sustavom. To se najljepše razabira iz onog pokusa znamenitog ruskog fiziologa P a v l o v a sa psom, kod kojega se je zgodnom operacijom, t. zv. fistulom, koja odvađa probavne sokove kroz kožu napolje, dalo pokazati, da pas, kojemu se je dalo, da pomiriše komad mesa uz istodobni zvuk trublje, izlučuje kasnije slinu već i na sam zvuk trublje.

Većinu naših jela mi prije uživanja kuhamo i pečemo i dodajemo soli i raznih začina, kao što su papar, paprika, ocat, vanilija itd. Kuhanjem i pečenjem naših jela, kao i dodavanjem raznih začina, dajemo im stanoviti t e k i m i r i s, t. j. mi udešavamo naša jela tako, da već prije dolaska u naša usta, a i u našim ustima, koja su u vezi s nosnom šupljinom i s nosnim živcima — mi izabiramo više jela po mirisu nego

li po okusu — izazovemo takove podražaje za naš živčani sustav, koji stavljaju u što življu akciju probavne naše žlijezde. Osim toga ima kuhanje osobito b i l i n s k e hrane tu zadaću, da se što bolje razmekšaju i raspucaju membrane stanicâ, koje zatvaraju hranivi sadržaj, i da tako ugljikovi hidrati i proteini, zatvoreni u neprobavljivoj celuloznoj stijenci, dođu na slobodu i u doticaj s našim probavnim sokovima. Što se tiče mesa, meso je jednako probavljivo sirovo, kao i kuhano i pečeno. No miris i tek sirovog mesa ne prija nama. Nadalje se kuhanjem i pečenjem, t. j. povišenjem temperature, uništavaju klice mikroorganizama, što se eventualno nalaze u sirovoj hrani, pa se tim sprečava

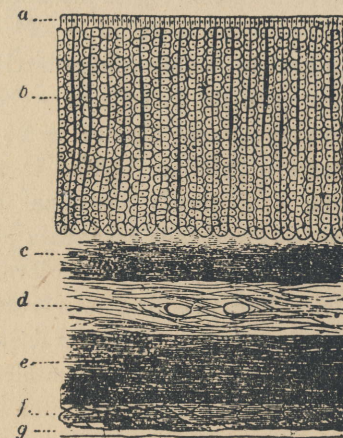


Sl. 39. Prorez kroz čovječji želudac i dvanaesterac; *b* cardium, *e* pylorus.

širenje različitih bolesti, kao na pr. sušice, griže, pošaline itd. No kuhanje naših jela ima i neke slabe strane. Budući da su za nas hrana i pojedine, u vodi topive soli, to se često događa, da se bacanjem vode, u kojoj se kuha naše jelo, umanjuje hraniva njegova vrijednost. Zato se preporuča (Abderhalden), osobito u skupa današnja vremena, jelo d o b r o kuhati, ali uživati z a j e d n o s vodom i sokovima, što su se kuhanjem izlučili iz njega. Kuhanjem i pečenjem uništavaju se također i razni f e r m e n t i i l i e n z i m i, koji se nalaze u sirovom jelu, a dobro bi došli našoj probavi. Zato se kod stanovitih bolesti probavila propisuje sirova hrana.

Za uživanje priređeno jelo dolazi najprije u usta. Ako je tekuće, guta se odmah, a ako je kruto, treba ga dobro sažvakati i usitniti. Taj

je posao vrlo važan za daljnji povoljni tok probave i resorpcije naše hrane. O njemu uvelike ovisi i s k o r i š ć i v a n j e hranivih sastojina našeg jela, o kojem će biti govora kasnije. Za vrijeme žvakanja izmiješa se jelo sa slinom. Slina nije čista voda. U njoj ima soli, proteinâ (mucin!) i fermenata. Fermentu je ime p t i a l i n i ima sposobnost amilolitičku, t. j. kadar je u prisutnosti vode rastvarati škrobnate tvari (amylum) na jednostavnije ugljikove hidrate, dekstrine. Dakako da se taj proces rastvaranja ugljikohidrata, dakle probave u ustima, može poradi kratkog držanja hrane u ustima tek započeti. On se nastavlja dalje u želucu, kamo je hrana stigla omaknuvši se naglo kroz jednjak,



Sl. 40. Mikroskopski prorez kroz želučanu stijenku; *b* žljezdasti sloj.

čemu je pomogao i onaj sluzavi mucin iz sline, jer je učinio zalogaj skliskim.

U želucu se istom počinje intenzivnija probava, koja je poglavito uperena na ugljikohidrate i proteine, što su u nju došli sa hranom. Brojni su faktori, koji kod nje sudjeluju. Ponajprije, hrana je u želucu zatvorena kao u toplom loncu. I ulaz (cardium) i izlaz (pylorus) za vrijeme su probave zatvoreni. (Vidi sl. 39.) Mišičje želučane stijenke ne miruje. Ono se u raznim smjerovima steže i rasteže i tako uzrokuje neprestano miješanje hrane u toplom prostoru. Temperatura je u želucu za vrijeme probave porasla na neko + 40° C. A baš kod te temperature leži optimum kemijskog djelovanja želučanog soka. Taj se

izlučuje iz žljezdastog sloja želučane stijenke. (Vidi sl. 40.) Kao aktivne sastojine želučanog soka za probavu ističu se fermenti i slobodna solna kiselina. Ove potonje ima nešto oko 0.1 — 0.2%. Fermenti su što amilolitički, a što opet proteolitički, t. j. takovi, da rastvaraju proteine na jednostavnije sastojine, na albumoze, peptone, polipeptide i amino-kiseline. Dakle iz netopivih ugljikovih hidrata (škroba) i iz netopivih proteinâ fermenti su proizveli u vodi topljive hranive sastojine. Posao im je omogućila prisutna slobodna kselina, jer pokusi izvan želuca s glavnim želučanim proteolitičkim fermentom, što ga zovu pepsin, pokazuju, da je djelovanje njegovo na hidrolitički raspadaj proteinâ pogodovano i pospješeno slobodnom solnom kiselinom i to upravo kod jakosti od neko 0.2% i kod temperature od + 40° C. Osim toga slobodna solna kiselina — i kraj te malene koncentracije — djeluje antiseptički na sadržaj želuca, tako da za vrijeme probave ne mogu normalno stupiti u akciju i u razvoj razne gljivice, razne bakterije, koje su eventualno s hranom došle u želudac. Uslijed toga dolazi samo do raspadaja škrobnatih i sladornih sastojina u najjednostavniji ugljikohidrat, u dekstrozu, — i kod toga raspadaja pomaže fermentima solna kiselina, — a ne do raznih vrenja sladornih tvari, što bi ih inače lako izazvale gljivice kod povoljne temperature, koja vlada u želucu za vrijeme probave. Iz svega se ovoga razabira važnost slobodne solne kiseline u želučanom soku. A kako u živim bićima rijetko dolaze slobodne kiseline i lužine, to su se istraživaoci mnogo bavili pitanjem, odakle i kako se stvara slobodna solna kiselina u želučanom soku? Pitanje ovo nije još danas riješeno. Zna se samo, da slobodna solna kiselina nastaje iz kuhinjske soli, koja dolazi po krvi do žljezdastog sloja želučane stijenke, u kojoj se stvara želučani sok. No kako, kojim procesom kemijskim, o tom postoje tek danas razne hipoteze, u koje se mi ovdje ne ćemo upuštati. Istaknut ćemo samo ovo: fakat, da se slobodna solna kiselina stvara iz kuhinjskih soli, govori za to, da je dobro gladnu i izmorenu čovjeku dati prije jela nešto soli, da mu želučani sok uzmogne što brže i što agilnije probavljati hranu. Inače se opaža, da se i kraj velike gladi izgubi doskora tek za jelo!

U želucu se zadržava hrana već prema prilikama neka 3 do 7 sati. Sadržaj želuca, koji je sada znatno razmekšan, razvodnjen i rastopljen, ali sadržava još uvijek krutih i koagulovanih sastojina, potiskuje se na mahove kroz pilorus u komad crijeva, što se nastavlja na želudac, a zove se — jer je dugačak dvanaest palaca — dvanaesterac ili duodenum. U taj dvanaesterac izlijeva se jedan novi probavni sok, a to je trbušna slina, koju stvara posebna trbušna žlijezda ili pankreas. Ujedno se izlijeva u dvanaesterac iz žučnoga mjehura žuto bojadisani sok, žuč. Sve to govori, da je dvanaesterac važno mjesto probave. I trbušna slina sadržava naime u sebi fermente ili enzime, koji su kadri djelovati hidrolitički na glavne sastojine naše hrane, na ugljikove hidrate, proteine i masti. Tako se ističu u toj slini proteolitički fermenti, nazvani tripsin i erepsin, koji nastavljaju rastvaranje proteina na peptone i aminokiseline, što ga je već pepsin započeo. Osim toga nastupaju u ovom probavnom soku osobito lipolitički fermenti, t. j. fermenti, koji imaju sposobnost, da masti i njima slično građene spojeve (lipoide) rastvaraju, hidroliziraju na njihove sastojine, a to su nama već poznata tjelesa: glicerin i masne kiseline. U dvanaestercu se dakle odigrava osobito probava masne hrane, koja se je doduše već i u želucu započela, jer i u želučanom soku ima lipolitičkih fermenata. Uopće ne teče proces probave — kako se to često misli — sasma različno u želucu, dvanaestercu i tankom crijevu, nego se on duž cijele probavne cijevi, dapače i u debelom crijevu, kontinuirano nastavlja, dakako prema promijenjenim prilikama, u kojima se nalazi. Tako primjerice nema više u probavnim sokovima dvanaesterca i tankog crijeva slobodne solne kiseline; zato ne može više djelovati pepsin, nego novi proteolitički fermenti, tripsin i erepsin, koji imaju sposobnost, da i u tekućini, koja je neutralne ili dapače slabo lužnate reakcije, razvijaju svoje djelovanje na proteine i drobe ih na aminokiseline. Do nedavna se je pripisivala prevelika važnost tomu, što je sok u dvanaestercu lužnat. Držalo se je naime, da je to od osobita znamenovanja za probavu masti. Lipolitički naime fermenti cijepaju masti na glicerin, koji je u vodi lako topljiv, i na masne kiseline, kaošto su stearinska, palmitinska i oleinska kiselina, koje se u vodi ne otapaju. Time probavi nije pomoženo. Ima li pako prisutne natrijeve ili kalijeve lužine, to će spomenute kiseline stupiti s njom tako u reakciju, da se stvore natrijeve ili kalijeve soli tih kiselina. Te pak soli, zovu ih sapuni, u vodi su topljive i prema tomu je probava masti postigla svoj cilj, jer su se u vodi netopljive masti raspale na glicerin i sapune, sve tjelesa u vodi topljiva. No u dvanaesterac ulazi i žuč, pa se drži, da taj sok igra važnu ulogu kod probave masti. Žuč naime ima sposobnost, da otapa masne kiseline, pa zato nije potrebno, da se masne kiseline pretvore u sapune, da bude probava masti dovr-

šena. Uopće je probava masti pitanje, koje još nije potpuno riješeno. Drži se naime, da se masti za vrijeme probave ne moraju kemijski promijeniti, a da ipak uzmognu doći u našu krv. Miješanjem naime i protresivanjem sa žuči i s ostalim probavnim sokovima prelazi mast i ulje naše hrane u posebno stanje, koje zovemo emulzijom. U takovoj emulziji raspršile su se čestice masti u tako sićušne kruglјice po tekućini, da se cijela tekućina gotovo ponaša kao homogena otopina. A time je i mast došla u takovo agregatno stanje, te se misli, da je kadra prodirati u stijenke probavila jednako kao i čestice uistinu otopljenih tjelesa.

I ostalo crijevo, što se nastavlja na dvanaesnik, a to je najprije t. zv. tanko crijevo ili ileum i onda debelo crijevo, izlučuje probavne sokove, koji dovršavaju probavu, ukoliko se nije već prije privela kraju.

Sadržaj se crijeva pomiče po njemu gibanjem crijeva, koje se zove peristaltika, a izvađa ga mišičje, naslagano u stijenkama crijeva. Dokazano je, da je za to gibanje potreban neki pritisak na unutarnje stijene crijeva, što djeluje kao podražaj na živce, koji stavljaju u akciju mišiće crijevnih stijenki. Taj pritisak izvađaju osobito neprobavljive sastojine naše hrane, a to su poglavito odrvenjeni (celulozni) dijelovi bilinske hrane. Crni kruh, voće, salata itd. sadrže u sebi znatne količine odrvenjenih ili celuloznih tvari, koje su zato indirektno od znamenovanja za normalni tok naše probave.

U čemu se dakle sastoji probava?

Ona, kako smo čuli, ide za tim, da sve ono, što smo primili u naše probavilo, prema sredstvima, koja nam stoje na raspolaganje, prevede u takovu kemijsku formu, da je u jednu ruku kadro iz probavila preći dalje u naše tijelo, u krv i stanice njegove, a u drugu ruku, da se na hranivim tvarima bilinskog i životinjskog porijekla izbriše specifični njihov karakter, a od njih da ostanu samo indiferentna kemijska tjelesa, iz kojih je naš organizam kadar izgrađivati svoje specifične sastojine. A kako se naš organizam, kao i svako živo biće uopće, sastoji u glavnom od vode, soli, ugljikohidrata, masti i proteina, to je jasno, da nam upravo ta tjelesa u prvom redu služe za hranu. Mi ih uzimljemo iz prirode, koja nas okružuje. Voda i soli kemijski su naskroz jednostavna tjelesa, pa ih zato proces probave u našem tijelu ne mijenja. No ugljikovi hidrati, masti i proteini nose na sebi biljege svoga porijekla, t. j. one životinje ili biljke, kojom se hranimo. Zato ih probava

kemijski preudešava prema našem vlastitom kemijskom karakteru. A to je najjednostavnije tako, da ih razgradi do onakove stepenice, s koje može brzo i lako poći naš organizam sintetičkim putem, te doći do svojih vlastitih masti, ugljikovih hidrata i proteina. To se doista i zbiva. Proučavanje procesa probave dovodi nas do zaključka, da se za vrijeme probave svi ugljikovi hidrati, potjecali oni od biljaka ili od životinja (glikogen), raspadaju na glukozu ili dekstrozu, masti na glicerin i masne kiseline, a proteini na svoje početne opeke, na aminokiseline. Proces se taj odigrava sudjelovanjem fizikalnih i kemijskih agensa. Među ovim potonjima igraju odlučnu ulogu fermenti ili enzimi. Upravo zato možemo probaviti samo one ugljikove hidrate, masti i proteine, za koje se u našem probavilu nalaze enzimi, koji su podobni djelovati na njih. Takovi enzimi, koji po svojoj kemijskoj strukturi pristaju u njih kao ključ u ključanicu! Tako primjerice nije čovječje probavilo kadro da prokuha ugljikohidrat celulozu, koju dosta izdašno prokuhavaju naše travojedne životinje. U našoj probavnoj cijevi nema fermenta, koji bi doveo do hidrolize celuloze, t. j. do prelaza njena u slador, u dekstrozu. Ali u našoj probavnoj cijevi ima bakterijâ, koje su kadre rastvarati celulozu, a i druge sastojine naše hrane dapače do jednostavnih anorganskih i organskih spojeva, kaošto su plinovi ugljični dvokis, metan (močvarni plin), sumporovodik, merkaptani i t. d. Carstvo bakterijâ u našoj probavnoj cijevi u debelom je crijevu. U želucu im ne da solna kiselina da stupe u akciju, a i sokovi, koji unilaze u dvanaesnik i u tanko crijevo, još su znatno baktericidni, t. j. ubijaju bakterije. To vrijedi poglavito za žuč poradi kiselinâ, što se u njoj nalaze. Zato flora našeg probavila, koja broji na milijune bakterija, istom u debelom crijevu razvija svoje djelovanje. Produkt toga djelovanja jesu i razni organski spojevi neugodna mirisa, (indol, skatol!), koji su nastali stanovitim vrenjem i truhnjenjem još preostalog i neiscrpljenog materijala, što prolazi kroz probavnu cijev. Redovito ispražnjenje ili defekacija debelog crijeva sprečava, da se djelovanje bakterija odviše ne osili i da se u našem tijelu ne skupljaju njemu štetni raspadajni produkti naše hrane. Boja izmetina potječe od žuči.

Isto tako ima i bilinskih i životinjskih masti (na pr. lanolin), a i proteinâ (na pr. hondrin, glutin), što ih nijesu kadri pravo probaviti naši probavni sokovi, jer im nedostaju za to potrebne agencije, t. j. enzimi. Masti su uopće najteže probavljiva sastojina naše hrane. Ma da želudac pušta u dvanaesterac na mahove samo malene količine

masti, ipak se vrlo rijetko događa, da bi vascijela mast, što smo je primili s hranom, bila probavljena i prešla u našu krv. Zato izmetine imaju sad više sad manje masti u sebi. Fakat se taj iskorišćuje i tehnički. Pripovijeda se dapače, da je u blizini nekog velegrada otkrivena potajna tvornica, koja je iz izmetina vadila mast i slala je u trgovinu kao jelo!

Toliko ukratko o probavi naše hrane.

Uporedo s probavom hrane teče u našem probavilu počevši od želuca dalje i proces u p i j a n j a probavom nastalih produkata, a i onih sastojina naše hrane, što se u tu svrhu nisu ni trebale probavljati, t. j. kemijski mijenjati. Taj se proces zove r e s o r p c i j a.

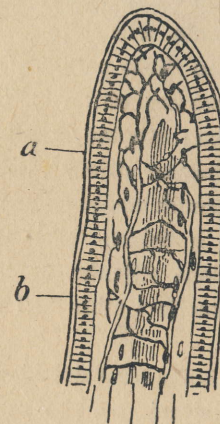
Unutarnja površina želuca i crijeva nije glatka. Ona je navorana,



Sl. 41. Komadić unutarnje stijenke tankog crijeva.

a osim toga vise s nje osobito u tankom crijevu mnogobrojne resice (vidi sl. 41.). Uslijed tog reprezentira unutarnja površina probavila znatno veliku površinu. Promatramo li pod mikroskopom takovu crijevnu resicu (vidi sl. 42.), to ćemo vidjeti, kako je obrubljena nizom cilindričkih stanica, do kojih dopire tanko kapilarno limfno i krvno žilje. Točnim mikroskopskim promatranjem one stijenke svake ovakove stanice, koja graniči s unutrašnjošću crijeva, zapazilo se je, da je na toj stijenki protoplazma nekako mlohava, rasparčana u krpice, što više, neki posmatrači tvrde, da se u toj stijenci razbiraju i malene šupljinice, koje vode u unutrašnjost stanice. Sve je to od važnosti za proces apsorpcije i upijanja hranivog sadržaja. Taj se proces najintenzivnije vrši upravo u tankom crijevu, gdje je i najviše gore prikazanih crijevnih

resica, ali započinje se već u želucu, a nastavlja se i u debelom crijevu. Pitanje, kako voda i u vodi otopljene i dapače samo emulgirane tvari (mast!) prelaze iz probavila u crijevne resice, odnosno u krvne i limfne kapilare, što su se razapele po resicama, nije tako jednostavno, kako se na prvi mah čini. Ono je bilo, a i sada je predmet dugotrajnih istraživanja i diskusija, u kojima su sudjelovali prvaci fiziološke nauke. No do danas nije još uspješno dokončano. Još nijesu uočene sve sile i svi fizikalni i ini faktori, koji kod tog procesa resorpcije sudjeluju. Još uvijek leži neki mistični veo nad onom sposobnošću ovakove crijevne resice, odnosno njene stanice, da je kadra stanovitim tjelesima — u prvom redu hranivim tvarima — dozvoliti pristup u svoju unutrašnjost,



Sl. 42. Jedna crijevna resica (povećana).

a drugima, na pr. pigmentima, zabraniti. No biokemija i biofizika ne ostaje skrštenih ruku pred tom zanimljivom sposobnošću žive stanice. Ona je nastoji svesti na jednostavne fizikalne i kemijske faktore, pa joj je to od velike česti i pošlo za rukom.

Nema naime sumnje, da se upijanje hrane iz želuca i crijeva obavlja sudjelovanjem ovih triju procesa: 1. filtracijom, 2. difuzijom i 3. osmozom. Dakako da uz to sudjeluju jamačno još i drugi faktori, pa ima nade, da će se i oni danas sjutra otkriti i svesti na poznate fizikalne i kemijske procese.

Pod f i l t r a c i j o m razumijevamo prodiranje tekućine kroz pore neke stijenke uslijed tlaka, uslijed pritiska same tekućine. Ako na lijevak, u kojem se nalazi zgodno složena bugačica, ulijemo tekućinu,

to će ona uslijed svoga hidrostatičkog tlaka prodirati i teći kroz pore bugačice; mi velimo, da tu tekućinu filtrujemo. Kroz pore obične bugačice i običnog papira za filtrovanje prolaze sasvim lako prave, a i koloidne otopine, dapače i suspenzije, na pr. defibrinovana krv zajedno s krvnim tjelešcima. Samo relativno grubi talozi zaostaju na filtru. Nema sumnje, da se ovakav proces filtracije zbiva i u našoj probavnoj cijevi, odnosno u njenoj stijenci. Sadržaj probavila potiskuje se dosta snažno iz želuca u crijevo, pa uslijed toga ima na nekim mjestima sad veći sad manji hidrostatički tlak, koji natiskuje vodu i u vodi otopljene tvari kroz sićušne pore u unutrašnjost stanica crijevnih stijenaka.

Šta je difuzija i osmoza, govorili smo podrobno već prije. I za jedan i za drugi proces ima mjesta kod resorpcije hrane iz probavila. Do d i f u z i j e naime dolazi onda, kad stoje u doticaju otopine razne jakosti i to tako, da otopljeno tijelo putuje s mjesta jače koncentracije na mjesto slabije ili nikakove koncentracije. Takove se prilike dešavaju i u našem probavilu. Vodena otopina hranivih tvari, primjerice u želucu, stoji na domaku želučane stijenke, odnosno njenih stanica, također napunjenih i prokvašenih vodenom otopinom. Ako je dakle koncentracija vodene otopine u želucu veća, nego koncentracija vodene otopine u stanicama želučane stijenke, to će otopljene tvari putovati na mjesta slabije koncentracije i tako doći u stanice i tkiva želučane stijenke.

A šta je osmoza? Do o s m o z e dolazi samo onda, kad su otopine ili otopina i otapalo odijeljeni p o l u p r o p u s n o m membranom. Onda putuje otapalo, na pr. voda, za koju je dotična membrana propustljiva, u prostorije, gdje se nalazi jača i koncentriranija otopina. I za osmozu ima mjesta u prilikama, što vladaju u našem probavilu. Stanice crijevnih resica imaju u sebi vodenu otopinu soli, koja iznaša nešto oko 1%. Dođe li dakle u crijevo čista voda ili voda, koja u sebi ima manje od 1% otopljenih tvari, to će je pomoću osmotičkog tlaka privlačiti i upijati ona u stanicama zatvorena 1% otopina i to preko svoje protoplazme. Baš tako i upija naš organizam najlaglje i najbrže vodu iz probavne cijevi! No isto tako može voda ići iz crijevne stijenke obrnuto u probavnu cijev, ako je vodena otopina u probavnoj cijevi znatno j a č a od one u stanicama stijenke. Istina je, pokazalo se je, — pokusima Engleza S t a r l i n g a, — da se događa i protivno od onoga, kako bi moralo biti po zakonima osmoze, ali to ne dokazuje, da osmoza ne igra uopće nikakovu ulogu kod apsorpcije u crijevu, nego da uz nju,

koja je jamačno neki fundamentalni faktor, sudjeluju još i drugi, danas još nepoznati i neotkriveni čimbenici.

U novije vrijeme iznesena je misao (O v e r t o n i njegovi učenici), da protoplazmatička granica epitelnih stanica crijevne stijenke, građena od tjelesa sličnih masti, naime od l i p o i d â, vrši odlučnu ulogu kod toga, koje će tvari prodrijeti kroz tu lipoidnu fiziološku membranu u stanice, a koje opet ne će. I doista, sva kemijska tjelesa, koja se lako otapaju u lipoidima, na pr. alkohol, lako se i brzo resorbiraju. No i u tom pogledu nismo još došli do jedinstvenog i sigurnog zaključka, pa će istom budućnost pokazati, ukoliko je tok upijanja hrane u stijenkama našeg probavila ovisan o lipoidima. Predaleko bi nas odvelo, da se ovdje upuštamo u raspravu o tom pitanju.

Kako se dakle r e s o r b i r a j u i onda a s i m i l i r a j u hranive sastojine naše hrane? Evo uglavnom, što se zna:

V o d a prodire u našu krv što filtracijom, što osmozom. To se zbiva od najveće česti u tankom i debelom crijevu. Kako naime pokusi potvrđuju, iznosi resorpcija vode, računana po 1 cm² površine u 1 satu:

U želucu	0·0
„ dvanaestercu . .	0·7
„ tankom crijevu . .	1·3
„ debelom „ . .	2·7

U želucu dakle ne prodire uopće voda u stijenke. Najvećma je upija debelo crijevo. Zato i postaje sadržaj probavila sve gušći i čvršći prema kraju probavne cijevi.

A n o r g a n s k e soli resorbiraju se samo, ako su u vodi topive. Ali ni u vodi topive ne resorbiraju se sve jednako lako i brzo. Resorpcija ovisi u jednu ruku o brzini d i f u z i j e, a u drugu jamačno o reakciji stanovitih soli s anorganskim, u vodi otopljenim sastojinama onih stanica, kroz koje moraju soli da difundiraju. Resorpcija se dakle odigrava u glavnom difuzijom i to obično već u želučanoj stijenci. Kako se pak u stanicama epitela, kroz koji soli moraju da difundiraju, nalazi otopljenih k a l c i j e v i h soli, to će zapeti difuzija soli onih kiselina, koje s kalcijem stvaraju t e š k o t o p i v e spojeve. Dok će primjerice kloridi, bromidi i jodidi lako difundirati, to natrijev fluorid, inače lako topiv u vodi, ne će biti resorbiran, jer stvara s kalcijem netopivi kalcijev fluorid. S istoga se razloga ne resorbiraju lako ni sulfati i zato oni služe, kao n. pr. magnezijev sulfat ili gorka sol, za purga-

tivna sredstva. Dakako da kod resorpcije soli igraju ulogu još i drugi faktori, kao na pr. koncentracija itd. Resorbirane soli putuju krvlju po našem tijelu, gdje nastupaju kao građevni materijal tkiva i stanica ili opet ravnaju osmotičke i ine prilike krvi i staničja, kako je o tom već bilo govora.

Ugljikovi se hidrati probavom pretvaraju, koji su god uopće probavljivi, u dekstrozu (glukozu), iako su nekoji, na pr. obični slador, sasvim lako topivi u vodi. Koji su tomu razlozi, već smo istakli. Pitanje je sada, kako se ta dekstroza resorbira i šta se s njom dalje zbiva, t. j. u kojoj je formi naše tijelo asimilira? Resorpcija dekstroze zbiva se jamačno difuzijom i filtracijom i tako dospijeva u crijevne resice, gdje se sabira u sabiralištima limfe. Ali ne putuje dalje po limfnom žilju, nego osmozom prodire u krvne kapilare, koje su se preplele po crijevnim resicama. Tako dolazi dekstroza u našu krv, gdje nastupa kao normalna sastojina njena. Ali se ne širi normalno po krvi u znatnijoj količini. Krvne naime žile, što idu od naših probavnih organa, ulaze doskora u naša jetra, a kad krv izađe iz jetra, njezin se je sadržaj na dekstrozi znatno snizio. U jetrima se naime zbiva s dekstrozom asimilatorna kemijska promjena; izgrađuje se od nje za naše tijelo osobito karakterističan ugljikov hidrat, što ga znamo pod imenom glikogen. U formi toga polisaharida koncentriraju se ugljikohidrati u našem tijelu i to ponajviše u samim jetrima (oko 10—18%) a onda i u mišićima (oko 1—3%), da izvršuju svoju zadaću u našem tijelu, o kojoj će doskora biti govora.

Masti dolaze po svoj prilici dvojako do resorpcije. I to kemijski rastavljene na glicerin i masne kiseline, a u drugu ruku jamačno kemijski nepromijenjene u obliku vanredno sićušnih zrnaca ili uljevne emulzije. Glicerin je u vodi topiv, a masne kiseline drži u vodi otopljena žuč. Postoji dakle mogućnost, da glicerin i masne kiseline budu protisnute kao takove kroz epitel probavne cijevi i crijevnih resica. Ali s onu stranu epitela nema više ni glicerina ni masnih kiselina. Mora dakle da se glicerin i masne kiseline ne udružuju odmah u crijevnoj stijenci natrag u mast. I to u mast, koja je upravo karakteristična za naš organizam. U drugu se ruku drži mogućim, da zrnca same masti prodiru kroz crijevni epitel u sabirališta limfe, hranive tekućine nalik na krv, koja je bijele boje upravo od masne emulzije. Kako pak masti nijesu u vodi topive, to ne mogu prodrijeti poput sladora (dekstroze) i soli u krvne kapilare, nego putuju po limfnom žilju, da ih ono na t. zv. ductus thoracicus izlije u krv. Koja je to sila, što natiskuje masnu emulziju kroz crijevni epitel, ne može se sigurno kazati. Ističe se, da kod tog prodiranja masti u naš organizam zapada važna uloga lipoidnu membranu epitelnih stanica, jer se masti u njoj otapaju i zato lako prodiru kroz nju. Fakat je, da po našoj krvi pliva masna emulzija kao normalna njena sastojina, preko krvi dolazi do naših stanica i tkiva, a ima li je u većoj količini, to će se nakupiti kao rezerva i zaliha u posebnim masnim stanicama i tkivima. Što više, mast se može izgraditi i iz drugog hranivog materijala i to u prvom redu iz ugljikovih hidrata, osobito kad se oni preobilno upotrebljavaju za hranu. Kakogod je to davno poznata i praktično izrabljivana spoznaja, — na njoj se osniva primjerice tovljenje svinja,— biokemija nije u stanju objasniti kemijsku proceduru, kojom iz ugljikova hidrata, na pr. iz dekstroze ($C_6 H_{12} O_6$), postaje odjednom mast, na pr. tripalmitin ($C_{51} H_{98} O_6$). Tu su u poslu sinteze i redukcije, koje su nam zasad još potpuno prekrivene tajnom. Mast je najbolje i najizdašnije skladište latentne kemijske energije u našem tijelu.

Proteini su kao i masti takova sastojina naše hrane, koja se slabo topi u vodi ili i nikako. Zato ih i pretvaraju probavni sokovi u topivu modifikaciju, t. j. u raspadajne produkte kristaloidne naravi, a to su nama već dobro poznate aminokiseline. Prije se je držalo, da probava ide kod razaranja proteina samo do peptona i albumoza, a onda se ta tjelesa resorbiraju. Novija istraživanja govore, da se i peptoni i albumoze raspadaju prije resorpcije na jednostavne građevne opeke proteinâ, na aminokiseline. I baš zato, jer se ove naglo resorbiraju, ne nalaze se nikada u većoj i znatnijoj količini u probavnoj cijevi. No onkraj crijevne stijenke, ni u našoj limfi, ni u našoj krvi, nije pošlo za rukom, da se uza sve marljivo pretraživanje nađu ni peptoni, ni albumoze, a ni karakteristične aminokiseline. Ondje su samo naši vlastiti i našoj krvi srodni proteini. Zato je i opet potrebno, da su se već u crijevnoj stijenci, u stanicama crijevnog epitela, aminokiseline udružile u naše proteine. Ako je tako, to moraju stanice crijevnih resica i crijevnog epitela doista biti neko čudovište. Jer ne samo da posjeduju tajne moći, kojima upijaju u sebe samo one sastojine crijevnog sadržaja, koje nam služe za hranu, nego izvode brzo i kao od šale takove

kemijske sinteze, pred kojima kemiku staje pamet. Iz glicerina i masnih kiselina prave n o v e masti, iz aminokiselina sasvim n o v e naše proteine! Ali tu tajnu moć nemaju u sebi samo stanice našeg crijevnog epitela. U njima ona osobito jasno izbija na vidjelo. Tu moć imaju sve naše stanice, jer svaka je od njih kadra iz proteinâ, što ih do nje donosi naša krv, a nastali su za vrijeme resorpcije, izgraditi ponovo opet svoje specifične proteine. I to izgraditi tako, da jamačno najprije razdrobljuje proteine naše krvi u njihove građevne opeke, u aminokiseline, a onda iz ovih po novom planu i slijedu izgrađuje svoje proteine. Nema sumnje, da je kemijska analitička i sintetička moć žive stanice i njenih agensa (a to su enzimi!) dosegla ovim prekrajanjem proteinâ svoju kulminaciju. Ujedno se iz ovoga razabira, da i naše stanice, kao i stanice ostalih životinja, ne zaostaju po svojim s i n t e t i č k i m sposobnostima za bilinskim stanicama. Jedino klorofilom snabdjevena stanica zauzimlje izuzetno mjesto! Inače su obične bilinske i životinjske stanice u glavnom jednakih kemijskih sposobnosti.

Proteini nastupaju u našem tijelu kao glavna građa njegovih stanica i tkiva.

B) D i s a n j e i p r o c e s i d i s i m i l a c i j e.

Čovječje je pluće placenta, što ga veže sa svijetom, rekao je zgodno jedan sjevernjački književnik. Preko pluća dolazi u naše tijelo onaj sastavni, plinoviti dio naše hrane, pomoću kojega može istom hrana da obavlja potpuno svoju zadaću, što je u našem tijelu ima. A to je kisik!

Hrana naime, što je ušla u naše tijelo, ne reprezentira jedino g r a đ e v n i m a t e r i j a l, opeke i maz, kojima naše stanice zidaju sastavne dijelove stanica i tkiva, ukoliko se oni troše i ukoliko eventualno rastu i umnažaju se. Ne. Hrana — i to hrana organskog porijekla: ugljikohidrati, masti i proteini — reprezentira i stanovitu količinu k e m i j s k e e n e r g i j e, koja je u nju za vrijeme sinteze u biljci kapnula sa Sunca, a baš to je ona energija, što stavlja u život i u akciju vascijelu građu našega tijela.

Ali ne odmah jedino prisućem hrane. Treba najprije izvaditi napolje u hranivom materijalu sakrivenu i pohranjenu energiju. A to se zbiva osobito pomoću kisika, pomoću procesâ oksidacije, što ih on izvodi u našem tijelu, ali i pomoću ostalih kemijskih promjena, u kojima sudjeluje komplicirano složeni organski materijal našeg tijela tako, da se kemijski mijenja i raspada, da se postepeno d i s i m i l i r a u produkte, što ih naš organizam više ne treba, pa ga zato i ostavljaju. Jer kemijsko poslovanje naših stanica ne miruje nikada. Neprestano teku u njima rukom o ruku kemijski procesi asimilacije i disimilacije na žalost u nama još slabo poznatim i slabo proučenim smjerovima. No jedno je stalno. Između procesa asimilacije i disimilacije postoji sklad, međusobno harmoniziranje i s obzirom na materiju i s obzirom na energiju. I baš taj sklad nosi u sebi onu tajnu moć, koju zovemo životom! Čim se naime poremeti ravnoteža između procesa asimilacije i procesa disimilacije, jenjava život stanicâ, a ako se poremećenje ne ukloni za vremena, prestaje on sasvim. I dok su procesi asimilacije većinom procesi sintetične naravi, koji troše i trebaju energije, procesi su disimilacije procesi analize i raspadanja, kod kojih se energija o s l o b a đ a. U tom i jest njihova važnost za život! A zato i troši naš organizam neprestano novi materijal, hranu.

Vrlo je čest običaj, da se naš organizam uspoređuje s parnim strojem. Što je za parni stroj ugljen, to je za nas naša hrana. I ugljen i naša hrana akumulatori su sunčane svjetlosne energije u obliku k e m i j s k e e n e r g i j e. U parnom se stroju oslobađa ta kemijska energija procesom gorenja u novom obliku, u obliku t o p l i n e. A toplina je onda ona živa sila, koja tjera kolesa parnoga stroja prelazeći dalje u novi oblik energije, što ga mi najviše trebamo, t. j. r a d n j u.

I mi radimo. Ne samo rukama, nogama i glavom, nego i naši unutarnji organi, srce, želudac, crijeva, razne žlijezde i mišići, rade neprestano. Za tu radnju trebamo neki izvor; jer energija, kao i materija, ne može postati iz ničega.

Do danas još nije pošlo za rukom da se načini perpetuum mobile. A ni naš organizam nije perpetuum mobile. I on se posve pokorava zakonima o neuništivosti ili stalnosti (konstantnosti) materije i energije. To je utvrđeno točnim pokusima, koji su u razvoju nauke o životu jedna od najvećih tekovina. Jer oni utvrđuju, da živi organizam nije nikakovo mistično čudovište, nego da je — kraj sve nerazrješive zamršenosti procesâ, što se u njemu odigravaju — i on podvrgnut općenitim zakonima, koji vladaju u t. zv. mrtvoj prirodi i u mrtvim strojevima. A to nije mala i neznatna stvar! Jer time je uglavljeno sigurno težište,

sigurna izlazna točka, oko koje se moraju kretati i s kojom moraju biti u skladu svakolika istraživanja života i životnih procesa.

Kakogod se čini usporedba našeg organizma s parnim strojem gledom na zakone o energiji na prvi mah opravdana, ipak treba istaknuti, da cirkulacija energije nije potpuno jednaka u parnom stroju i u našem tijelu.

U parnom stroju prelazi toplina u mehaničku radnju. Jedno i drugo oblici su energije. Zakon o stalnosti ili konstantnosti energije zahtijeva, da stanovitoj količini jednoga oblika energije odgovara stalna odgovarajuća količina drugoga oblika. Točni su pokusi utvrdili, da mehanička radnja od 427 kilogrammetara odgovara uvijek količini topline od 1 velike kalorije. Ali proučavanja raznih oblika energije i njihovih prelaza, koji se mjerenjem mogu točno pratiti, dovela su također do spoznaje, da moramo razlikovati više i niže oblike energije. Tako su viši oblici energije elektricitet, kemijska energija i mehanička radnja, a niži toplina i svjetlost. Zašto? Evo zato, jer viši oblici energije mogu potpuno preći jedan u drugi ili u niži koji oblik, dok niži oblici prelaze u viši — doduše u skladu sa zakonom o konstantnosti energije — samo djelomično. Ostatak ne propada u ništa, ali ostaje neupotrebljen! Tako je primjerice u parnom stroju kadro preći u mehaničku radnju samo 10 do 15 postotaka topline, koja se je u njemu oslobodila gorenjem ugljena. I to samo ona toplina, koja prelazi ili teče s više na nižu temperaturu, t. j. koja ide u parnom stroju iz vruće vodene pare u parnom kotlu na toplinski niveau vode u kondenzatoru (hladilu), kadra je pretvoriti jedan, baš o toj temperaturi ovisni dio, u višu formu energije, u mehaničku radnju. To je neumoljivi i nepromjenljivi princip Carnotov, koji nadopunjava zakon o konstantnosti ili neuništivosti energije tako, da točno određuje putanju i smjer jednom obliku energije u drugi. Fatalno je pak to, da je oblik energije, što ga mi najviše trebamo, baš mehanička radnja; a nju najlaglje dobivamo iz kemijske energije tek posredstvom topline. A toplina je niži oblik energije! Prelazi li primjerice kemijska energija u elektricitetu, — kako je to u galvanskom članku, — onda je prelaz gotovo potpun, t. j. sva kemijska energija (100%) prelazi u elektricitetu.

Kako stoji naš organizam i energetičke promjene u njemu s obzirom na neumoljivi Carnotov princip? Već sam fakat, da je naš organizam kadar obavljati najraznoličnije radnje, a da u pojedinim organima ne postoje znatne (najviše 2° C) razlike u temperaturi, govori nam, da prilike u našem organizmu nijesu identične s onima u parnom stroju, gdje razlika u temperaturi između vodene pare i vode u kondenzatoru iznosi preko 100° C. Kemijska dakle energija, koja u naše tijelo ulazi u obliku naše hrane, prelazi doduše procesima oksidacije u toplinu, no ta toplina nije jedini oblik energije, koji bi mogao biti izvor radnoj snazi naših organa. Opravdano je zato, da kemijska energija naše hrane prelazi bilo direktno u mehaničku radnju, bilo posredovanjem kojeg drugog oblika energije, koji do danas nije još točno uglavljen. I to svakako oblika energije, koji spada u kategoriju viših, kakovi su na pr. elektriciteta i elasticiteta. U tom i leži zasebnost i tajnovitost čudesnog i velebnog stroja, kakov je naš organizam, a i organizam svakog živog bića!

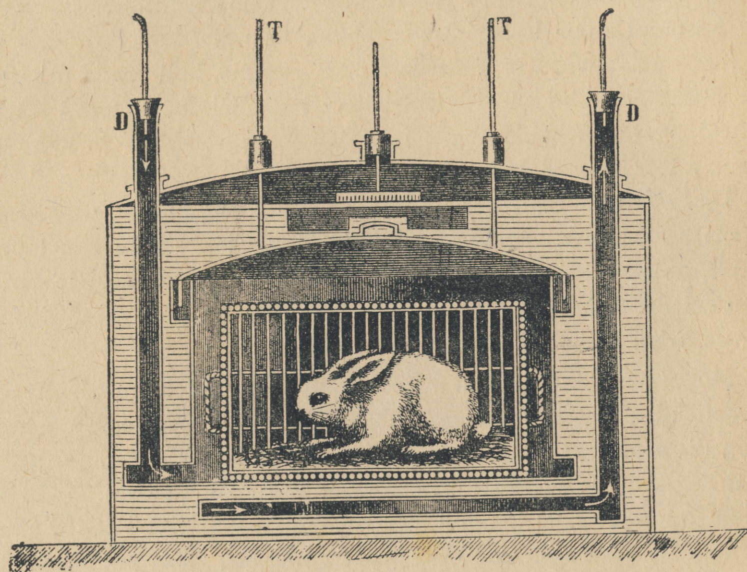
Djelotvorne forme energije nijesu još u živim bićima potpuno razmršene, — ali nas zaokuplja osobitim ponosom, što je nauci pošlo za rukom uglaviti bar to, da i te još neotkrivene forme energije moraju biti u skladu s osnovnim zakonima o energiji, što smo ih gore prikazali, a i već prije, kad smo govorili o Suncu.

Mogućnost, da možemo točno proučavati cjelokupnu bilansu energetičkih procesa u našem tijelu, dana je tim, što se sve energije našeg tijela očituju konačno bilo kao toplina, bilo kao radnja, a ti se oblici mogu zgodnim aparatima mjeriti. Postupak je ovaj. Kalorimetričkim mjerenjem, t. j. određivanjem, koliko kalorijâ razvija stanovita količina neke sastojine naše hrane gorenjem, može se uglaviti, koliko je energije (topline) pohranjeno u njoj. Tako su na pr. utvrđeni ovi okrugli brojevi za najglavnije sastojine naše hrane i to za 1 gram tvari:

Ugljikohidrati . . .	4 velike kalorije
Masti	9 velikih kalorija
Proteini	4 velike kalorije.

Pojedemo li dakle stanovitu količinu, na pr. 500 grama ugljikohidrata, 50 gr. masti i 100 gr. proteina, to je s tom količinom došlo u naše tijelo $500 \times 4 = 2000 + 50 \times 9 = 450 + 100 \times 4 = 400 = 2850$ velikih kalorija. No cjelokupna se količina spomenutih hranivih tvari nije jamačno probavila i resorbirala. Moramo zato od tog broja odbiti onoliko kalorija, koliko nam daje kalorimetrička analiza onih sastojina ekskremenata, koje su preostale od gore spomenute

hrane u takovom obliku, da bi još uvijek mogle u našem tijelu producirati stanoviti broj kalorija. Istom tako dobivamo broj kalorijâ, koje su mogle stupiti u akciju u našem tijelu. Tko će ih osloboditi? Kemijski procesi, što se u našem tijelu s hranivim materijalom zbivaju, i to u prvom redu procesi polaganog sagorijevanja, procesi oksidacije. Konačni produkt energetičkih promjena — u koje mi na žalost imamo vrlo slabo uvida — jest toplina, što je naše tijelo producira. A ta se može zgodnim mjerenjem točno odrediti. U tu su svrhu udešeni aparati i

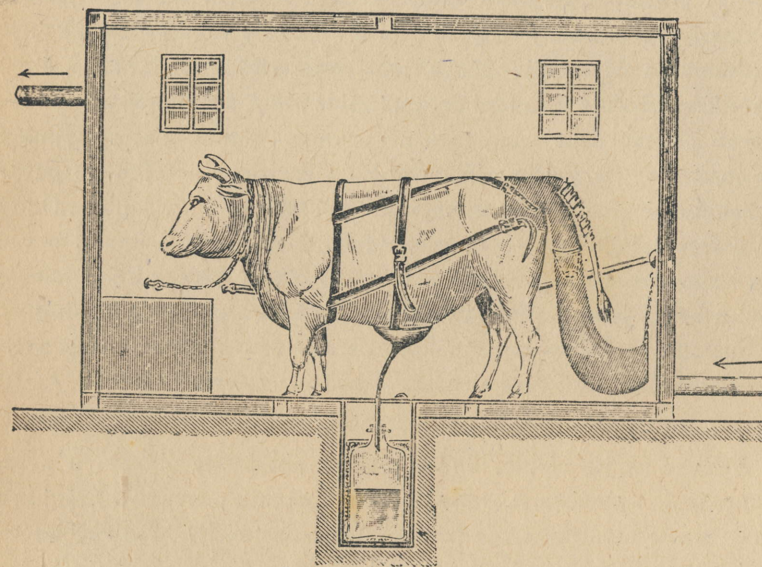


Sl. 43. Kalorimetar, sprava, kojom se mjeri količina producirane topline u živom biću.

pokusi, kojima se osobito savjesno bavi amerikanski fiziolog A t w a t e r, a nekoji su prikazani i na našim slikama. (Vidi sl. 43. i 44.)

Na osnovi takovih mjerenja može se izračunati, koliko je od energije, unesene u naše tijelo, moglo preći u mehaničku radnju. Rezultati dugotrajnih i točnih mjerenja pokazuju, da ni naše tijelo kao ni tijelo drugih živih bića nije takov stroj, da bi u njemu mogla s v a raspoloživa energija preći u radnju. I u njemu se energija rasipava, to jest u obliku topline pada na razinu, sa koje više ne može stupiti u akciju, u radnju. Rendement ili iskorišćivanje energije u našem tijelu iznosi samo nešto malo više, nego u parnom stroju, t. j. oko 20%. Želimo li dakle da mjerimo radnu snagu našega tijela s količinom energije, što je primamo u našoj hrani, moramo imati na umu, da je samo j e d n a p e t i n a broja kalorija, sadržanih u hranivom materijalu, kadra preći u mehaničku radnju.

Iz svega ovoga slijedi, da se u našem tijelu moraju neprestano zbivati procesi, koji oslobađaju u hrani zapretanu energiju; inače ne bi mi mogli ni raditi ni držati našu krv na konstantnoj temperaturi od + 37° C. Onaj poglaviti kemijski agens, kojim se ti procesi zapodijevaju, jest kisik. Kisik, što ga udišemo i što ga prima naša krv u plućima iz uzduha, a prenosi ga tako po tijelu, da ga veže na svoju crvenu boju, na hemoglobin, pretvorivši ovaj u oksihemoglobin. A kako obavlja taj kisik svoje oksidacije? U našem tijelu primjerice oksidira se sasvim lijepo m a s t, oslobađajući lijep broj kalorija, koje nas griju, i to kod temperature našeg tijela, kod neko + 37° C. Izvan organizma ne spaja se mast kod te temperature tako lako s kisikom. Treba je ugrijati na par stotina gradi, da počne sagorijevati. U našem tijelu postoje dakle jamačno faktori, koji djelovanje kisika pomažu! I doista, istraživanja



Sl. 44. Uredba aparata za određivanje materijalne i energijske bilancije u živom biću.

u tom pogledu govore sigurno, da u našim stanicama postoje posebni f e r m e n t i, koji nastupaju kao neki aktivatori kisika, a zovu ih o k s i d a z e.

A kako teku oksidacije u našem tijelu, t. j. koji se kemijski produkti stvaraju iz ugljikohidrata, iz masti, iz proteina, a i drugih sastojina naše krvi i naših stanica kod procesa oksidacije? Kakogod nema sumnje, da oksidacije navedenih tjelesa teku preko čitavog niza zanimljivih kemijskih promjena, to u drugu ruku moramo priznati, da nam je danas poznat u glavnom samo konačni rezultat tih sagorijevanja, t. j. dim i pepeo. Dim je u g l j i č n i d v o k i s i v o d e n a p a r a, što je izdišemo, a pepeo nije ništa drugo, nego n a š a m o k r a ć a, što je iz naše krvi izlučuje vanredni organ, naši bubrezi. I zato kopamo po tom pepelu i pišemo debele knjige o normalnim i patološkim sastojinama naše mokraće, jer preko njih želimo da zavirimo u tajnovite putove kemijskih disimilacija i promjena u našim stanicama i organima. Otkrili smo u tom pepelu mnogo tjelesa, od kojih nam svako govori o vanrednoj sposobnosti naših stanica. One nam često govore i o poremećenjima u kemijskom djelovanju njihovu. Ima zato nade, da ćemo preko njih uhvatiti i onu crvenu nit, koja će nas danas sjutra točno uvesti u mistični laboratorij žive stanice. Ali to je još vrlo daleko!

A kako dolazi kisik do naših stanica?

Nekada se je mislilo, da se procesi oksidacije zbivaju u našem tijelu odmah u plućima. Kasnije, da se odigravaju posvuda u našoj krvi. Danas znamo sigurno, da je pravo mjesto oksidacijâ hranivog materijala istom u našim stanicama i tkivima. Mora dakle da kisik iz krvi ulazi u stanice i tkiva! Ali kako?

Ponajprije dolazi kisik iz uzduha u naša pluća. Naše je pluće — da se drastično izrazimo — nakupina malenih mjehurića, što ih zovemo alveolama, a tanke su stijenke tih mjehurića isprepletene kapilarnim žilicama. U alveolama se nakuplja dakle onaj uzduh, što ga udahnemo. Dva su jamačno faktora, što kisik povlače iz alveolarnog uzduha u našu krv. Ponajprije je razlika u napetosti (ekspanziji) kisika u alveolama i u krvnim kapilarama takova, da kisik d i f u n d i r a, prodire u krvne kapilare, jer kao plinovito tijelo nastoji po zakonima o plinovima, da se u svem prostoru, što mu stoji na raspolaganje, izjednači n j e g o v t l a k, bez obzira na tlak drugih plinova. To je fizikalni povod, što potiskuje kisik iz alveola u našu krv, u kojoj je tlak kisika znatno manji

nego u plućnim mjehurićima. Drugi je faktor kemijske prirode. U krvnim se kapilarama, što isprepleću stijenke plućnih alveola, nalazi nama već dobro poznati h e m o g l o b i n, koji je kadar da lako i rado veže kisik na svoje velike molekule. Drži se, da kod tog posla igra odlučnu ulogu željezo (Fe), što ga ima hemoglobin u svojim molekulama. Poznajemo naime u željeznim spojevima dvije njegove modifikacije, t. zv. fero-željezo i feri-željezo. I sad fero-modifikacija vrlo rado veže na sebe kisik, vrlo se rado oksidira, prelazeći u feri-modifikaciju. To čini jamačno i ono željezo, što se nalazi u hemoglobinu.

Iz pluća ide kisik zajedno s krvlju najprije u srce, a iz srca krvnim žilama, koje zovemo arterijama, po čitavom našem tijelu. I arterije se završuju kapilarnim žilicama, koje se raspleću između stanica u svimkolikim tkivima našeg tijela. A baš te stanice i ta tkiva trebaju kisika, jer u njima istom stupa kisik u akciju, obavlja procese oksidacije. Ali kako dolazi kisik sada u naše stanice i tkiva? Nema sumnje, da i ovdje dolazi do difuzije kisika iz kapilara, t. j. iz krvi u stanice, poradi razlike u tlaku kisika u krvi i u stanicama. Kako se kisik u stanicama troši, zapravo kemijski veže s elementima, koji izgrađuju kemijske sastojine stanica i njihove opeke, to je onda tlak p l i n o v i t o g kisika u stanicama i tkivima slabiji, no tlak kisikov u arterijelnoj krvi. Zato putuje iz krvi u stanice!

A kako stupa u akciju u stanicama i tkivima i šta su produkti njegova djelovanja?

Kemijska građa stanica i tkiva, u prvom redu masti, proteini i ugljikovi hidrati (glikogen) jesu kao organski t. j. ugljikovi spojevi podesni materijal za oksidaciju. No jedno treba imati na umu. Želimo li da spomenute spojeve oksidiramo izvan organizma, to nam je potrebno staviti ih u doticaj s kisikom kod relativno v i s o k e temperature. Tako na pr. masti gore, t. j. spajaju se s kisikom istom kod neko + 300° C, dok se to obavlja u našim stanicama i tkivima kod relativno n i s k e temperature od + 36° C. Mora dakle da kod oksidacije u živim bićima sudjeluju stanoviti faktori i stanovite prilike, koje omogućuju oksidaciju organskog materijala sve do konačnih produkata oksidacije, do ugljičnog dvokisa (CO_2) i vode (H_2O).

Nema sumnje, da u tim stvarima moraju imati udjela f e r m e n t i. Oni jamačno u jednu ruku razgrađuju najprije masti, ugljikove hidrate i proteine na njihove opeke, na njihove sastavne česti, a možda i na

takove, nama dakako još nepoznate i neuglavljene spojeve, koji su osobito podesni za oksidaciju, za spajanje s kisikom. U drugu ruku posebni fermenti, zovu ih o k s i d a z e, aktiviraju sam kisik, t. j. pretvaraju ga u nascentno stanje, u kojem može laglje zahvatiti u molekule organskog materijala i razgraditi ih sve do anorganskih spojeva: vode i ugličnog dvokisa.

Imajući sve to na umu, ne smijemo oksidacione procese u našim stanicama i tkivima — kako se to često čini — uspoređivati naprosto s g o r e n j e m, kako ga možemo realizovati s istim organskim materijalom izvan organizama kod povišene temperature. Procedura oksidacije u našim stanicama teče jamačno postepeno preko čitavog niza intermediarnih procesa i produkata, dok konačno ne dođe do u g l j i č n o g d v o k i s a i v o d e. A do tih konačnih produkata ide oksidacija samo kod ugljikohidrata i masti, dok se proteini, odnosno njihove opeke, od velike česti drobe samo na jednostavnije dušikove organske spojeve, među kojima se svojom količinom ističe osobito m o k r a ć e v i n a [karbamid $= CO. (NH_2)_2$], koja nastupa u mokraći gotovo ekvivalentno s potroškom proteinâ u našem tijelu. No opravdano se drži, da neki organski spojevi u mokraći, na pr. g l u k u r o n s k a kiselina, potječu od oksidacije ugljikohidrata u našim tkivima, koja se nije provela do konačnog stadija, do ugljičnog dvokisa i vode.

Fakat je, da glavna masa masti i ugljihovih hidrata, kojom se namiruje potrošak e n e r g i j e u našem tijelu, prelazi konačno u plin, u g l j i č n i d v o k i s. Nastaje zato pitanje, na koji način izlučuje naš organizam taj plin, koji se u njemu nakuplja kao nepotrebni dim u stanicama i tkivima, preko krvi i pluća napolje u uzduh, što ga izdišemo? Šta ga tjera i prenosi na tom putu?

I ovdje je jedan faktor fizikalne prirode, t. j. uslijed razlike u napetosti (tlaka) putuje, difundira ugljični dvokis iz stanica u krv, a iz krvi u plućima u alveolarni uzduh i s ovim napolje. No kod toga sudjeluju i pomažu i kemijske sastojine krvi. U prvom redu u krvnoj tekućini otopljeni karbonati i fosfati, na pr. $Na_2 CO_3$ i $Na_3 PO_4$, natrijev n e u t r a l n i karbonat i natrijev n e u t r a l n i fosfat. Te naime soli prelaze u prisutnosti vode, u kojoj ima ugljičnog dvokisa, u $NaHCO_3$ i $Na_2 HPO_4$, t. j. u k i s e l e soli. Za taj prelaz troše one dakle ugljični dvokis iz krvne tekućine; tlak ugljičnog dvokisa u njoj zato p a d a, namakla se je prilika za difuziju ugljičnog dvokisa iz stanica i tkiva

u krv. Osim toga se drži (Abderhalden), da su i velike molekule hemoglobina kadre primiti u sebe nešto ugljičnog dvokisa i ponijeti ga sa sobom venoznom krvlju do srca, a iz ovoga konačno u pluća. Ako je tako, izlazi na vidjelo, kako je velika i nenadoknadiva uloga hemoglobina u našoj krvi, pa zato svako oštećenje hemoglobina u njoj mora potegnuti za sobom znatne i sudbonosne poremetnje u našem tijelu.

Tako se, evo, izmjenjuju i putuju po tijelu kisik i ugljični dvokis, kao plinovite sastojine živih bića!

Još nešto. Rekli smo, da se velike molekule najvažnijeg materijala svake stanice, p r o t e i n â, ne raspadaju kod oksidacija u našim tkivima sve do vode, amonijaka i ugljičnog dvokisa. Raspadajni su njihovi produkti — bar od velike česti — organski spojevi, koji bi se dakako još uvijek mogli oksidirati, t. j. spajanjem s kisikom oslobađati e n e r g i j u. Zato i ne dolazi u našem tijelu u akciju vascijeli broj kalorija, što ih proteinska hrana donosi sa sobom u našu krv, stanice i tkiva. Treba od toga odbiti kalorije, što ih dobivamo sagorijevanjem organskih spojeva u mokraći. Oni naime od najveće česti vuku svoje porijeklo iz proteina naših stanica i tkiva.

Među njima — kako smo već istaknuli — količinom premašuje mokraćevina. No ima u mokraći čitav niz organskih dušikovih spojeva, a i spojeva organskih bez dušika, za koje se opravdano drži, da stoje u vezi s kemijskim promjenama, što se zbivaju u našem tijelu s najvažnijom njegovom građom, s proteinima. To su primjerice dušikovi spojevi: mokraćna kiselina, kreatinin, hipurna kiselina, razne amino-kiseline itd., a organski spojevi, u kojima nema dušika: fenol-sumporna kiselina, aceton itd. Biokemijska je nauka utrošila mnogo truda u to, da objasni, g d j e i k a k o nastaju ti spojevi iz matice svoje, iz proteina, jer u jednu ruku nastoji u vezi s tim pitanjima da baci dublji pogled u zamršene kemijske procese, što se odigravaju u raznim našim stanicama, tkivima i organima, a u drugu ruku, raspadajni su ovi produkti proteinâ često putokaz za poremetnje, za bolesti stanovitih naših tkiva i organa. Predaleko bi nas odvelo, da se pobliže upuštamo u ta pitanja. Svrha je naša, da u glavnim potezima predočimo i uočimo ulogu i procese važne pojave disanja u našem tijelu, i s njim u vezi procese disimilacije i rastvaranje organske građe naših tkiva i stanica. Jer njima se oslobađa ona e n e r g i j a, pomoću koje se jedino možemo očitovati, da smo ž i v i.

C) Nekoja praktički važna pitanja iz nauke o hrani i hranidbi.

Rat je svojim poteškoćama u prehrani čovječanstva na cijelom svijetu uzvitlao mnogobrojne i svestrane diskusije i rasprave o praktičnim pitanjima iz nauke o našoj hrani i hranidbi. Nema gotovo fiziologa, koji nije aktivno sudjelovao kod tog posla: bilo savjetima, uputama i utjehama, bilo novim pokusima i pronalascima novih vrela hranivog materijala. Rezultati tog naučnog rada i nastojanja nijesu žalibože urodili osobitim i praktički važnim i novim plodovima.

Evo nekojih pitanja, o kojima su se već i prije rata razilazila mišljenja naučenjačka, a od važnosti su za prehranu čovječanstva:

1. Koliko grama proteinâ mora čovjek pojesti na dan?

Iz onoga, što smo dosad govorili o proteinima kao građi živih bića, proizlazi jasno, da su proteini na prvom mjestu — kako je to već Liebig naglasio — i kao građa čovječjeg tijela i kao izvor svekupne tjelesne i duševne snage ljudske. Baš zato se i ravna cijena hranivih tvari, kojima se ljudi dnevno služe, prema količini proteina u njima. Meso, jaja, sir i grašak mnogo su skuplji nego krumpir i salata; jamačno po svojoj hranivoj vrijednosti, a ta leži u prvom redu u proteinima u njima.

Budući da odrastao čovjek dnevno izlučuje oko 30 gr. mokraćevine u mokraći, a ta količina odgovara disimilaciji od neko 100 gr. proteina u našem tijelu, to se odatle zaključuje, da odrastao čovjek mora imati dnevno u svojoj hrani oko 100 gr. proteina. Mora imati zato, jer se inače disimiliraju njegovi vlastiti proteini, koji izgrađuju njegove stanice i tkiva, a time se organizam oštećuje, propada. Tu su misao zastupali osobito njemački fiziolozi (Voit, Rubner), dakako prije rata. A kako su za čovjeka najlaglje probavljivi proteini iz mesnate hrane, to bi prema gore spomenutoj nauci čovjek morao dnevno trošiti bar 230 gr. mesa, da ostane na snazi.

Protiv te nauke, t. j. protiv toga, da čovjek mora dnevno primati u hrani oko 100 gr. proteina, ustali su osobito američki fiziolog Chittenden (još god. 1905.), i danski liječnik Hindhede (god. 1908.). Oni su mnogobrojnim, na sebi i drugima provedenim pokusima dokazali, da čovjek može ostati svjež, zdrav i sposoban za rad i onda, kad u hrani prima dnevno tek neko 50 gr. proteinâ. Prema njihovim nazorima čovjek velikom količinom proteinâ preopterećuje svoj organizam i natovaruje mu posao probave, asimilacije i disimilacije proteina, koji mu je nepotreban.

Imaju li oni pravo, onda naučna zasada o dušikovoj ravnoteži i bilanci mora biti podvrgnuta dugotrajnoj i svestranoj reviziji. A o tom se i radi! Čitamo li novije rasprave fiziologâ o tom pitanju, to vidimo, da idu za tim, kako bi dnevnu produkciju mokraćevine u mokraći doveli u sklad s činjenicom, da se i s manjom količinom proteinâ u našoj hrani, nego što je pređašnji teoretski i praktički zahtjev, naime 100 gr., može sačuvati t. zv. dušikovo ravnotežje u našem tijelu. Rezultati tih istraživanja, u koja se mi ondje ne možemo pobliže upuštati, nijesu još doveli do konačnog i odlučnog zaključka i odgovora na pitanje, koliko grama proteinâ mora čovjek pojesti na dan. No čini se, da će to pitanje biti riješeno u vezi i s obzirom na mnoge prilike, koje kod hranidbe raznih ljudi treba uzeti u obzir, i da ne će dovesti do neke apsolutne maksime u pogledu broja gramova proteinâ u našoj dnevnoj hrani. Ratno se iskustvo priklanja znatno nauci spomenutog američkog i danskog istraživača.

2. Koliko čistih kalorija mora ostaviti naša hrana dnevno u našem tijelu?

Uz proteine treba se u našoj hrani obazirati u prvom redu na količinu kalorija, t. j. na količinu energije, što je ona oslobađa u našem tijelu. Kako nam je poznato, masti su i ulja ona sastojina naše hrane, koja kod oksidacije u našem tijelu oslobađa najviše topline (1 gr. masti daje 9 velikih kalorija!). Zato i jest mast i ulje tako skupo i traženo. No i ugljikovi hidrati i proteini oslobađaju kalorije. Samo treba uvijek imati na umu, da za energetičke prilike u našem tijelu dolaze u obzir samo one kalorije naše hrane, koje su doista oslobođene u našim stanicama i tkivima. Treba zato od totalne kaloričke vrijednosti naše hrane odbiti neprobavljivi dio (kaloričku vrijednost izmetina) i onda onaj dio, koji je ostao nakon procesa disimilacije još uvijek u formi organskih ugljikovih spojeva (kaloričku vrijednost mokraće). Tako dobivamo čiste kalorije, kojima broj ovisi ne samo o prirodi naše hrane, nego i o individualnoj našoj sposobnosti, t. j. o zdravlju probavnih organa, pluća itd.

Čiste kalorije treba naše tijelo za uzdržavanje konstantne temperature od + 36° C, nadalje za rad srca, disaćih mišića, peristaltiku ili

gibanje crijeva i želuca, za rad žlijezda itd. Ali i za vanjski rad, rad naših mišića i organa! Zato treba razlikovati potrebu kalorija za vrijeme mirovanja i potrebu kalorija za vrijeme intenzivnog rada.

Već je bilo govora o tom, da naš organizam nije »idealna« mašina, t. j. da se i u njemu, kao i u parostroju, može samo stanoviti procenat privedene energije pretvoriti u mehaničku radnju. Rendement (»Nutzeffekt« = iskorišćivanje) iznosi samo nešto malo više nego u parnom stroju, t. j. oko 20%.

Fiziolozi su na osnovi mnogih pokusa povukli zaključak (Rubner, Tiegerstedt), da normalan, odrastao čovjek uz običnu hranu i mirovanje treba na dan 2400 velikih kalorija za pokriće svojih energetičkih potreba. No izvodi li takav čovjek stanovitu radnju, to mu nije dosta 2400 kalorija. O tom nas može uvjeriti ovaj račun, osnovan na faktičnom pokusu. Osoba, koja je radila i obavila u danu mehaničku radnju od 108.800 kgm. (kilogrammetara), izdala je u 24 sata 3726 velikih kalorija. Budući da jednoj velikoj kaloriji odgovara radnja od okruglo 425 kgm., to na obavljenu radnju otpada 108.800 : 425 = 256 kalorija. No ta osoba nije zato, da može obavljati toliku radnju, trebala jednostavno 256 kalorija više, nego za vrijeme mirovanja. Jer samo 20% kalorija može preći u radnju, to je trebalo 5 × 256 = 1280 kalorija više. Pokus je pokazao na osnovi mjerenja svekolike izdane topline, da ta iznosi 3726 kalorija. Odbijemo li od tog broja one, što su se potrošile na radnju, dakle 3726 — 1280 = 2446 kalorija, t. j. dobivamo broj kalorija, što su ga Rubner i Tiegerstedt postavili kao potrebu na dan za odraslu osobu za vrijeme mirovanja. Ta je dakle osoba trebala dnevno toliko hrane, da izbije iz nje preko 3500 velikih kalorija!

Tako uče poglavito njemački fiziolozi.

Hrana, što su je dnevno trošili kod svojih pokusa već spomenuti istraživači Chittenden i Hindhede, nije kadra ni izdaleka doseći tog broja čistih kalorija. A ipak oni tvrde, da su i radili i dobro im je bilo!

Zato ni norme o broju kalorija, što ih treba čovjek na dan za svoj rad i eksistenciju, nemaju nepokolebive stalnosti. Jer i iz onoga, što smo ovdje ukratko naveli, proizlazi, da kod oslobađanja i upotrebe kalorijâ naše hrane igraju ulogu vrlo mnoge individualne sposobnosti i razlike. Čovjek primjerice, koji je dobro navikao nekom poslu, producirat će jamačno više radnje uz manji potrošak kalorija, nego nenavikao!

3. Zašto ideja o vegeterijanstvu kraj sve skupoće mesa ne može da uhvati dublji korijen u kulturnom čovječanstvu?

I nakon ratnih prehranbenih iskustava ističu najodličniji fiziolozi, da je za čovjeka najpodesnija mješovita hrana. No mnogo se je pisalo i raspravljalo o što boljem iskorišćivanju bilinske hrane. Kako je već u našoj knjizi bilo govora, protoplazma je bilinskih stanica zatvorena u celuloznu membranu. Da naši probavni organi iskoriste hranive tvari bilinske protoplazme, potrebno je, da naši probavni sokovi do nje dođu. I sad je nevolja, što naši probavni sokovi nijesu kadri razoriti, rastopiti i probaviti celulozu. To je onda zapreka, da u jednu ruku teže iskorišćujemo i inače lako probavljive i vrijedne sastojine bilinske hrane, a u drugu ruku silna masa organskog materijala, koja je u bilju pohranjena u obliku ugljikohidrata, što ga zovemo celuloza, za naše je prehranbene prilike bez direktne vrijednosti. Preživači, na pr. goveda, mogu istom, poradi uređenja svojih probavnih organa, donekle iskoristiti taj materijal. Bilo je doduše za vrijeme rata pokusa u Njemačkoj (H. Friedenthal), da se sijeno i slama učini i hranom za čovjeka. Smrvi li se slama u vanredno fini prah, to su se tim razdrobile i celulozne tvari tako, da naši probavni sokovi mogu doći do ono malo probavljivih proteina i ugljikohidrata u slami, ali postizava se i to, da i sama celuloza (kako tvrdi spomenuti H. Friedenthal) postaje donekle probavljiva. Mnogi su se oduševili za te pokuse. Tako na pr. kaže bečki profesor Fürth u jednom svom god. 1915. održanom predavanju doslovno ovo: »Pred kratko vrijeme pokazao je Friedenthal u društvu njemačkih gospodara u Berlinu kruh sasma dobra teka, načinjen iz slame. Time izlazi na vidjelo mogućnost, da široke površine zemlje, koje su doslije služile hranidbi čovječanstva samo preko marvogojstva, budu ljudima direktno i racijonalnije od koristi. Mnogom će se činiti malo smiješnom pobožna želja, da ljudi postanu travojedi. Ali treba se sjetiti, da su i prvi pokusi o praktičnoj uporabi parnog stroja, rasvjetnog plina i elektricitete bili savremenicima posve humoristični, a ipak su se kasnije ispostavili kao sasvim ozbiljne stvari. Možda se ovdje susrećemo s jednom od onih mogućnosti, koje su pozvane, da boravak na Zemlji poznijim pokoljenjima učine lakšim, nego što je bio sadanjima.«

Teško je reći, hoće li od tog brašna biti pogače!

Dakako, da se vegeterijanstvo ne smije identificirati s travojedstvom. Mi imamo čitav niz kulturnog bilja, kao što su grah, grašak, leća, bob itd., kojima se plodovi odlikuju i znatnim sadržajem na proteinima i znatnom kaloričkom vrijednošću. A i bilinske masti (ulje uljikino, ceres itd.) zauzimlju važno mjesto kao hranive sastojine naših jela. Čovjek bi dakle mogao sasma lijepo namiriti svoje hranidbene potrebe jedino iz biljevnog carstva. No kraj sve vike na meso životinjsko kao hranu, ipak se čini, da su u njemu osobito zgodno sadržane sve važne hranive sastojine u koncentriranoj formi. A čini se, da je i probavljivost životinjskih proteina izdašnija nego bilinskih. Zato će hrana životinjskog porijekla i u budućnosti sačuvati svoje dominantno mjesto.

4. Zašto solimo naše jelo?

Od kojeg su znamenovanja anorganske soli kao građa našeg tijela, bilo je već govora. Dok sve soli, što ih treba naš organizam, primamo u dovoljnoj količini s ostalom hranom, jedina je kuhinjska sol, koju dodajemo još posebno našoj hrani. Zašto?

Ovim se je pitanjem svestrano bavio fiziolog Bunge, pa evo u kratko njegovih misli i rezultata. Ponajprije je konstatovao na osnovi raznih historijskih i putopisnih podataka, da ne upotrebljavaju svi narodi i plemena kuhinjsku sol kao dodatak jelu. Ljudi, koji se hrane jedino mesom i životinjskom hranom, (na pr. finska i sibirska plemena,) ne upotrebljavaju uopće soli, iako je imaju dosta na raspolaganje. Što više, osjećaju odvratnost od hrane (dakako mesnate), kad im se posoli. Nasuprot narodi, koji se hrane pretežno ili isključivo biljevnom hranom, cijene osobito sol, pa su se odvajkada poljodjelski narodi borili za naslage soli na našoj Zemlji. Putopisci su nadalje zabilježili za neka afrička divlja plemena, koja se hrane gotovo jedino biljevnom hranom, da uživaju u komadu soli kao djeca u komadu sladora. U suglasju s ovim opažanjima stoji i statistički konstatovan fakat, da u Franceskoj dolazi na glavu pet puta manje soli u gradovima, nego u selima. Očito zato, jer se gradski stanovnici hrane više mesnatom, a seljaci biljevnom hranom.

No zašto tako? Kuhinjska je sol spoj natrija s klorom (NaCl). U biljkama i prema tomu u biljevnoj hrani ima relativno malo te soli. U biljkama su više zastupani kalijevi spojevi. Naš pak organizam ima u svojim tkivima i stanicama nešto oko 1% kuhinjske soli. I nema sumnje, da naš organizam nastoji da sačuva tu količinu kuhinjske soli kao normalnu svoju sastojinu bez obzira na hranu, kojom se hranimo. Budući da s biljevnom hranom dolaze u našu krv kalijeve soli, to drži Bunge, da njihov kalij — poradi veće afinitete spram klora — istiskuje natrij iz kuhinjske soli i oduzima mu klor. Natriju onda ne preostaje drugo, nego da se udruži s drugim kojim kiselinskim radikalom, na pr. s ugljičnom kiselinom u krvi. No spoj natrija s ugljičnom kiselinom nije u većoj količini normalna sastojina naših stanica i tkiva, a isto tako ni spoj kalija s klorom. Zato naši bubrezi izlučuju obadva napolje. Tako gube naše stanice i tkiva svoj natrij! A taj im treba kao normalna sastojina, pa nam zato prija hrana, kojoj smo dodali natrijeva spoja s klorom, t. j. kuhinjske soli. Osobito bilinska, na pr. grah, krumpir itd.

Osim toga drži Bunge, da je kuhinjska sol i neko probavno dražilo, pa i zato posežu ljudi za njim često i preko mjere.

Da li je Bungeovo razlaganje doista opravdano ili nije, ne ćemo se na ovom mjestu pobliže upuštati. Istaknut ćemo samo još jednu misao, koju ističe Bunge, naime, da je kuhinjska sol takova sastojina hrane, da njenu potrebu osjećaju osobito siromašniji slojevi, pa zato nije opravdano, da se udara na kuhinjsku sol onoliki porez, koliko su to učinile neke države.

5. Šta je umjetna hrana i da li ona može zamijeniti prirodnu?

Nama je dobro poznato, do do danas još nije pošlo za rukom umjetna sinteza proteinâ, a ni viših ugljikohidrata (škroba), koji dolaze u obzir kao sastojine naše hrane. Opravdano se zato misli, da nema ni govora o umjetnoj hrani sve donde, dok ne pođe za rukom sinteza proteinâ. Jer proteini su hrana u apsolutnom smislu, t. j. dok se ostale sastojine naše hrane (masti i ugljikohidrati!) mogu nadoknaditi, bar na neko vrijeme, jedino proteinima (dakako uz vodu i soli!), to su proteini u našoj hrani neminovno patrebni. Ako njih nema u hrani, naš organizam troši i disimilira svoje vlastite proteine i tako oštećuje sâm sebe; potraje li to dulje vremena, dolazi do propasti, do smrti organizma.

No ipak se već danas može reći, da je biokemijska nauka u principu riješila i eksperimentalno pitanje o umjetnoj hrani, t. j. pošlo je za rukom fiziologu E. Abderhaldenu, da održi životinje, pse, a i ljude ne samo u dušikovoj ravnoteži, nego da i postigne prirast na

težini organizma j e d i n o umjetno priređenim hranivim tjelesima. Kako se to slaže s gore istaknutim činjenicama o proteinima naše hrane?

Tko je dobro pazio na ono naše razlaganje, u kojem je govora o p r o b a v i naše hrane, sjetit će se, da se za vrijeme probave raspadaju sve komplicirano građene sastojine naše hrane na prilično jednostavne, organske kemijske spojeve, na neke indiferentne kemijske opeke, iz kojih istom sâm naš organizam izgrađuje svoje vlastite proteine, masti i ugljikove hidrate. I sad je E. A b d e r h a l d e n došao na misao, bi li se p r i r o d n a naša hrana dala nadoknaditi direktno tim indiferentnim organskim kemijskim spojevima, što smo ih upoznali kao: glicerin, masne kiseline, dekstrozu i aminokiseline. A ti se organski spojevi mogu sasma lijepo i u m j e t n o načiniti. Tu je svoju misao okušao Abderhalden na pokusima i došao je do zaključka, da ove o p e k e prirodne hrane mogu doista zamijeniti samu prirodnu hranu, t. j. proteine, masti i ugljikove hidrate. Time je u principu riješio problem u m j e t n e hrane.

No riješenje je toga pitanja u glavnom jedino od teoretske važnosti. Iz njega naime zaključujemo, da mi doista već danas poznajemo sve bitne kemijske opeke, koje izgrađuju materijal naših stanica i tkiva. Zato se je Abderhalden, kad je neposredno iza njegovih rezultata i misli o našoj hrani došao C. F u n k sa svojim v i t a m i n i m a i s tvrdnjom, da su i oni b i t n i sastavni dio naše hrane, usprotivio toj misli i nastojao ju eksperimentalno oboriti.

U praksi ne će tako lako umjetna hrana zamijeniti prirodnu. Ne će zato, jer je bilinska zelena stanica najjeftinija kemijska tvornica na našoj Zemlji.

* * *

Mogli bi tako iznijeti još čitav niz pitanja, koja su u vezi s naukom o našoj hrani i hranidbi. Mogli bi brojnim tabelama predočiti kemijski sastav naših najobičnijih jela i njihovu kaloričku vrijednost. No i iz ovo nekoliko pitanja razbira se, kako je fiziološka nauka daleko od toga, da nameće čovječanstvu neke stalne i nepogrešive propise o načinu i sredstvima njegove hranidbe, jedino na osnovi kemičke analize hranivih tvari. Bez obzira na kemijski sastav prirodnih tjelesa čovječanstvo je d u g o t r a j n i m i s k u s t v o m izabralo i pronašlo iz prirode ono, što mu u danim prilikama najbolje prija i služi za održanje

njegovo. Kod toga igraju posebnu i važnu ulogu mnogobrojni faktori u životu pojedinaca i naroda, koji čine, da pred nama iskršava takova šarovita slika života čovječanstva, koja nas zaokuplja i divljenjem i grozom svojim mnogostranostima, dubinama, strastima i stradanjima tako, da nam iznemažu sile, kad bi tu cjelinu da obuhvatimo i objasnimo slabim svojim naučnim rezultatima. Nauci preostaje tek, da iz te cjeline izrezuje pojedine komade i da ih međusobno uspoređuje i ocjenjuje. Ali je vodi jedna snažna i velika misao: Svi ti pojavi života u nama i oko nas mora da se podvrgavaju zakonima o energiji i materiji, što ih polako otkrivamo na tim dvjema posljednjim instancijama vascijelog svijeta!

Zaglavak.

eliki ruski književnik Lav Tolstoj stavio je u usta simpatično prikazanom robijašu Simonsonu u »Uskrsnuću« ove zanimljive riječi: »Kad bi bakterija promatrala i istraživala nokat čovječji, ona bi ga smatrala neorganskom tvarju. Upravo tako smatramo i mi zemaljsku kruglju neorganskom tvarju, jer joj promatramo samo koru. A to nije pravo.«

I doista, što se dublje zamišljamo u prirodne pojave oko nas, to nam je teže povući granicu između žive i mrtve prirode, kakogod se ona činila na prvi mah jasna i izrazita. Ali odmah moramo priznati, da prirodnim naukama nije još do danas pošlo za rukom eksaktnim putovima kemije i fizike riješiti problem života. Kako smo već na uvodnom mjestu ove knjige istaknuli, nauka o životu, fiziologija, sabira i proučava polagano ponajprije sve one pojave i promjene, koje su u vezi sa životom, a mogu se svesti na zakone materije i energije, što su otkriveni laboratorijskim pokusima, a vladaju u t. zv. mrtvoj prirodi. Nauka o životu drži, da se na taj način približava sigurnim i čvrstim putem svojem konačnom cilju, t. j. riješenju problema života. No sve donde, dok taj problem nije tim putem riješen, ostaje dakako slobodno svakom misaonom čovjeku, da izrađuje sebi svoje filozofske nazore i zamisli o odnošaju mrtve i žive prirode na našoj Zemlji. I tako vidimo, kako pojedini prirodoslovci, a još više filozofi u djelima sad manje sad više duhovitim, poletnim i dubokim, razvijaju svoje misli o problemu života. One su vrlo često međusobno najoprečnije, a daju se obično svrstati u dva tabora. U prvom se nalaze mislioci, koji svim marom i osobitim naglašavanjem sakupljaju sve one pojave života, što se zasad ne mogu još dovesti u sklad s poznatim zakonima kemije i fizike, pa zato ističu, da u živoj prirodi posluju sile i faktori, koji stoje izvan i iznad tih zakona. Pristaše tog tabora zovu se obično vitalisti, jer ističu, da u živim bićima posluju sile specijalno karakteristične samo za živa bića, t. j. da u životu organizama izlazi na vidjelo posebna djelotvorna tendencija, koja se očituje u organizmima

i po organizmima i bitno je svojstvo samo »života«. Tu tendenciju zove primjerice Driesch posebnim imenom »entelehija«, Reinke pak »dominanta«, a naš prirodoslovac Car jednostavno »duša«. No biokemija i biofizika ne znaju kraj najbolje volje, šta bi počele s tim entelehijama i dominantama, radeći svojim eksperimentalnim i eksaktnim metodama. Vitalne naime sile te još su uvijek zavijene u neko mistično velo i nijesu pristupne kvantitativnim mjerenjima, kojima bi se uglavilo njihovo sudioništvo i važnost kod životnih procesa i pojava. Zato velika većina naučnih radnika na području kemije i fizike živih bića zastupa o životu i životnim pojavama nazore, koji provijavaju i poglavlja ove naše »Kemije živih bićâ«, a zovu ih obično »mehanistima«. Time se želi kazati, da oni tobože svode život i životne pojave jedino na zakone mehanike, na zakone gibanja, uglavljene u mrtvoj prirodi. No to nije ispravno. T.zv. mehanisti ne puštaju ispod nogu nikako i nikada jedino siguno tlo naučnog rada i naučnih rezultata kemije i fizike, te izražuju nadu, da će jednom poći za rukom tim putem riješiti problem života u vezi i na osnovi zakona, koji vladaju i u »mrtvoj« prirodi. Onaj, koji misli, da se već i sama »mrtva« priroda može sputati u neki uskogrudni mehanički ili materijalistički nazor, ne poznaje rezultatâ i zasadâ moderne kemije i fizike. Za nj je riječ »mehanički« prazna fraza i on ne vidi pravi domašaj njen ni u mrtvoj ni u živoj prirodi. Jer nama je, na žalost, istom neznatno i slabo poznat i taj tobože jednostavni »mehanizam« i mrtve i žive prirode. A dotle, dok nam nije on u rukama, slabo će nam pomoći lijepe i velike riječi o entelehijama i dominantama. Zato moramo sile svoje posvetiti proučavanju toga mehanizma.

No krivo bi bilo misliti, da su rasprave o mehanizmu i vitalizmu naskroz izlišne. U njima kao da se ljudski duh slobodno zaletava na krilima slobodne misli daleko iznad rezultata suhih i ukočenih eksaktnih nauka u gustu i nerasvijetljenu tamu, što ih još obavija sa svih strana. Pa kakogod bila vrijednost tih misli relativna i nesigurna, one su svakako potrebna predigra za konačno riješenje velikih pitanja. I u njima se okušava snaga čovjekova, kojom nastoji uroniti u tajne prirodine. Nitko primjerice ne može poreći, da savremeni francuski filozof Henry Bergson nije iznio zanimljivih misli o razlici i postanku razlike između mrtve i žive prirode. On naime veli: »Ovaj dvojaki rezultat — mrtva i živa priroda — postignut je u našem planetu stanovitim jednim procesom. No moglo je do njega doći i sasvim

drugim sredstvima! Nije bilo potrebno, da život upotrebi za svoje oružje upravo ugljik iz ugljične kiseline u uzduhu. Ono, što je za život bitno, to je sakupljanje sunčane energije; ali mjesto da Sunce rastavlja atome ugljika i kisika, mogli su se (teoretski i bez obzira na praktične, često nesavladive zapreke) naći i drugi elementi, koji bi se po sasvim drugim fizikalnim utjecajima spajali ili razdvajali. Kad bi onaj karakteristični elemenat u tvarima, koje opskrbljuju organizme energijom, bio drugi, a ne ugljik, onda bi morao i najkarakterističniji elemenat bitne građe živih bića biti drugi, a ne dušik, pa bi tada kemija živih bića bila sasvim drugojačija, nego li je ona, kojom se danas bavimo. Rezultat tog drugog procesa bila bi živa bića, koja ne bi imala nikakove sličnosti s bićima, što su nama poznata, a i njihova bi anatomija i fiziologija bila sasma druga. Samo funkcija osjećanja i gibanja morala bi ostati, iako ne jednakog mehanizma, ali jednakog djelovanja. Zato je vjerovatno, da se život odigrava i na drugim planetima i u drugim sunčanim sustavima uz fizikalne prilike, koje nam se sa stajališta naše fiziologije čine nepovoljnima, a o oblicima tamošnjeg života ne možemo imati ni pojma. Ako je bitna zadaća života, da sabira upotrebivu sunčanu energiju i da je onda upotrebljava za eksplozivne (nenadane) učinke, onda život izabira u svoju svrhu jamačno na svakom planetu i u svakom sunčanom sustavu ono sredstvo, koje je u danim prilikama najpodesnije, upravo onako, kako se je to zbilo na našoj Zemlji. Stvar je zapravo takova, da je život svagdje ondje moguć, gdje silazi i teče energija po zakonu Carnotovu i gdje se nalazi faktor, koji radi suprot ovoga zakona, t. j. koji može silaženje energije zaustaviti, a to je jamačno na svim svjetovima i u svim sunčanim sustavima. Mi ćemo poći još i korak dalje; nije gotovo ni potrebno, da se život koncentrira u organizmima u pravom smislu riječi, t. j. da se ograničuje na bića, koja pružaju silaženju energije gotove, premda elastične putove ili kanale. Mi možemo uzeti — iako nam je teško stvar predočiti — da se energija sakuplja i onda opet troši u raznim smjerovima, što idu kroz materiju, koja još nije u potpuno krutom stanju. Kao bitni uvjet života je dostatno, da se negdje energija polagano zaustavlja, a onda spontano oslobađa i stupa u akciju.« Tako evo shvata znameniti francuski filozof bitne oznake i kriterije života na najširoj osnovci, ma da ga principijelno luči od procesa i promjena u carstvu anorganizama, t. j. ruda i kamenja, kako se to razbira iz misli, što ih razvija o životu i životnom elanu u poznatom svom djelu »L'Évolution Créatrice« (Pariz, 1907.).

Predaleko bi nas odvelo, da se upustimo u prikazivanje pojedinih filozofskih nazora o životu. No svakako držimo, da nam je ovdje na koncu naše knjige ukratko iznijeti, da se filozofski nazori prirodoslovaca razilaze prema tomu, kako oni shvaćaju odnos između v a n j s k o g i u n u t a r n j e g s v i j e t a u čovjeka. U tom su pogledu došla do izražaja d v a nazora o čovjeku i njegovu unutrašnjem svijetu, što ih obično krste i d e a l i z m o m i r e a l i z m o m. Budući da je od važnosti za svakog misaonog čovjeka, da prema svojoj duševnoj snazi i naobrazbi zauzme stanovito stajalište spram tih nazora i onih kardinalnih pitanja, o kojima se u njima radi, to ću iznijeti ponajprije, kako zastupaju i obrazlažu dva prirodoslovca i d e a l i z a m, a onda konačno, kako i zašto ima i r e a l i z a m među prirodoslovcima gorljivih pristaša. Evo, što je u stvari:

I.

Još u početku prošloga stoljeća utvrdio je njemački fiziolog Ivan M ü l l e r (1801.—1857.) zakon o odnosu završetaka naših živaca spram podražaja t. zv. vanjskog svijeta, koji se zakon obično nazivlje »zakon s p e c i f i č n e energije osjetila«. Sadržaj toga zakona je ukratko ovaj: Mehanički učinak, na pr. udarac u naše oko, izazvat će upravo onako osjet svijetla, kao i elekrični podražaj očnih živaca ili podražaj tih živaca pomoću valova svijetla, kako je to obično u normalnim prilikama. U drugu ruku podražaj jedne te iste vrste, na pr. električki, što ga izazovemo, ako provodimo galvansku struju raznim osjetilima i završecima živaca, rodit će razne dojmove, r a z n e o s j e t e, tako na pr. u oku blijesak, u uhu šum i zvuk, na koži, već prema tomu, s kojim će okrajcima živaca doći u doticaj, sad osjet studeni, sad opet topline ili bola.

Iz tog se je zakona povukao interesantan, ali i fatalan zaključak, da pojavi i promjene vanjskog svijeta nemaju ništa zajedničko s našim osjetilima i predodžbama, s vraćanjem i obrađivanjem predodžaba (mišljenjem), t. j. s našim unutarnjim svijetom. Drugim riječima: vanjski je svijet za nas knjiga sa sedam pečata i baš poradi zakona specifične energije naših osjetila ne možemo mi nikada ništa pravo saznati o kakvoći, o k v a l i t e t i pojava i promjena u izvanjem svijetu. J e d i n o, š t o m o ž e m o n e p o s r e d n o s p o z n a t i, j e s u s t a n j a i p r o c e s i n a š e v l a s t i t e s v i j e s t i. Zato su naši nazori o izvanjem svijetu samo spekulacije i hipoteze, slike, izrađene na osnovi

stanja i procesa naše vlastite svijesti, a ne na poznavanju f a k t i č n i h pojava i promjena u prirodi.

Na tom stajalištu stoje nesamo najodličniji stariji i noviji filozofi, nego i mnogi, pa i najmoderniji prirodoslovci. Prikazat ću ukratko, na koji način obrazlažu to stajalište i njegovo znamenovanje za prirodne nauke, — jer u tom pogledu nas ono osobito interesuje, — dva uvažena, savremena p r i r o d o s l o v c a: fiziologijski psiholog Teodor Z i e h e n i fiziologijski kemik Gjuro pl. B u n g e.

Z i e h e n je utoliko prirodoslovac, što je po prvotnoj svojoj struci medicinar, psihiatar. Kao profesor živčanih bolesti na medicinskom fakultetu najprije u J e n i, zatim u U t r e c h t u u Holandiji, a kasnije u B e r l i n u držao je niz predavanja iz fiziologijske psihologije za medicinare. Radeći pak na tom području, prešao je polagano iz područja prirodnih nauka u područje čiste filozofije. Najnovije mu je n. pr. djelo »Osnovi psihologije«, od kojeg prva knjiga obrađuje filozofijske probleme, kako se već iz naslova vidi: »Erkenntnistheoretische Grundlegung der Psychologie« (Berlin 1915.)

Ziehenova predavanja iz fiziologijske psihologije vrlo su uvažena i raširena kao udžbenik psihologije, a izašla su i u dobrom srpskom prijevodu. Na koncu tih svojih predavanja ističe Ziehen spomenuto stajalište o snošaju vanjskog i unutrašnjeg svijeta u glavnom ovako:

Kako dolaizmo do toga, da razlučujemo dva reda pojava: psihički i materijalni? Koji nam je od njih najprije dan? Ispitujte, molim, sami sebe! Vi vidite n. pr. drvo. Čini se, da su vam kod toga dana oba reda: Vaš vidni osjet — psihički, i drvo — materijalni. No drugo je pitanje, da li je to eksaktni izražaj empirijskog stanja činjenica. Ja mislim, da nije. Ono, što vam je kod toga dano, j e d i n o j e i s a m o vidni osjet drva, dakle isključivo psihički proces i pojav. I sad mi obrađujemo taj osjet na sasma poseban način, da izgradimo predodžbu o jednom predmetu, o drvu, koje bi imalo biti uzrok našem osjetu drva. Vi ćete mi možda dobaciti, kao i neki moj znanac: »Šta, drvo dakle ne postoji? Ja ću vas udariti o drvo, tada ćete ga već zamijetiti!« Ja sam na to odgovorio: »Tada ćete mi k vidnom osjetu pribaviti još i opipni osjet, ali iz k r u g a o s j e t a ne ću izaći!«

Jednako je tako sa svim drugim predmetima t. zv. vanjskog svijeta. Svuda nam je dan samo psihički red osjeta i slika, koje nas na osjete sjećaju, pa je samo jedna univerzalna hipoteza, kad držimo, da s ovim psihičkim redom stoji u uzročnoj vezi materijalni red. O oprav-

danosti te hipoteze — koliko uopće o toj opravdanosti može biti govora — odlučuju teorija spoznaje i metafizika. Za nas je od važnosti sam stavak, da nam materijalni red činjenica nije dan jednako prvotno kao i psihički. Samo potonji je empirijski tu, a prvi se t. j. materijalni istom po njemu za nas otvara; ili ako hoćete, materijalni red je red predodžaba, što smo ih dobili apstrakcijom iz naših osjeta i njihovih slika, koje o osjetima ostaju u našem sjećanju. S tim stajalištem slaže se i moderna fizika. Od t. zv. materije nije prirodoslovcu preostalo ništa drugo nego fizičke točke u prostoru, što se zamišljaju kao središta silâ ili kao »prostorno sastavljeni kompleksi energije« (Ostwald), koji su kadri izazvati osjete ili ih promijeniti. Sve empirijske činjenice, koje su dovele do pojma m a s e materije, daju se isto tako jednostavno opisati i ujediniti — kako je to učinio M a c h — stavimo li na mjesto odnosa masâ obrnuti odnos medjusobnih ubrženja (akceleracija).

Inače nam je t. zv. materija potpuna nepoznanica bez obzira na njezinu hipotetsku uzročnu vezu spram naših osjeta. A što vrijedi za sve materijalne procese, vrijedi i za materijalne procese u našem mozgu. I do njih dolazimo istom preko psihičkih procesa, ni oni nam za to nijesu prvotno dani. Tijek je, strogo uzevši, ovaj: mi posjedujemo premnoge osjete, a po njima i predodžbe. Kao uzroke osjetima uzimljemo predmete vanjskog svijeta. Među našim osjetima nalaze se i oni, do kojih smo došli anatomskim i fiziološkim proučavanjem mozga. Sasma analogno, kao i za sve druge osjete, držimo, da i ovi imaju materijalni svoj uzrok, a to je mozak. Daljnje nas istraživanje uči, da upravo materijalni procesi u mozgovnoj kori, u ganglijskim stanicama mozga, imaju sasma poseban odnos spram svih psihičkih procesa, naime, da nikada ne nastupaju prvi bez drugih i obrnuto. Daljnjim razrešenjem ovoga kompliciranoga kruga ne može se baviti empirijska psihologija. Kod svakog pokusa, da ga razriješi, morala bi napustiti svoj empirijski osnov. Zato prepušta daljnju obradbu tog problema, koliko je uopće moguće neko njegovo razrešenje, t. zv. metafizici i teoriji spoznaje, koje više nijesu prirodne nauke, među koje se ubraja i fiziologijska psihologija.

Baš zato mora fiziologijska psihologija počivati na iskustvenom faktu, da nam je prvotno dan samo psihički red pojava i ništa više izvan i osim njega. Ona ostaje tako u granicama prirodnih nauka i vjerna svom empirijskom karakteru. Zanimljivo je zato, da se naša nauka ovim svojim posljednjim stavkom najbliže dotiče s osnivačem kritičke filozofije, s K a n t o m. L o c k e, B e r k e l e y i H u m e pripravili su veliku istinu, što ju je napokon Kant izrekao, a to je, da nam je prvotno dan samo psihički red činjenica, red pojava (»Erscheinungen«), kako ga je K a n t nazvao. Hipotetski uzrok tih pojava, t. j. vanjski svijet, prvo su istom oni otvorili, a drugo je potpuna nepoznanica za nas.

Poradi toga postoji samo p r i v i d n o t. zv. dualizam tijela i duše ili psihofizički paralelizam! P r v o t n o n a m j e d a n s a m o p s i h i č k i r e d č i n j e n i c a. To svoje stajalište nazivlje Teodor Z i e h e n kritički m o n i z a m.

Gjuro pl. B u n g e autor je znamenitog udžbenika fiziologije čovjeka, koji sadržava u dva omašna sveska niz predavanja, što ih je on održao kao profesor u medicinskom fakultetu sveučilišta u B a s e l u. Iz Bungeova laboratorija potekle su i mnoge fiziologijsko-kemijske analize, na pr. krvi, mlijeka itd., koje su još i danas na glasu sa svoje točnosti i preciznosti. Sam se je bavio osobito pitanjem kuhinjske soli kao hrane i pitanjem željeza u hrani i krvi. Ali na glas je došao osobito po tom spomenutom udžbeniku fiziologije, koji je raširen i dalje od stručnih krugova, jer je obrađen pregledno, jasno i u literarnom pogledu vanredno zanimljivo. Čitav naime udžbenik provijava autorovo originalno stajalište o odnosu vanjskog i unutarnjeg svijeta, što ga je i napose razvio u prvom predavanju drugog sveska pod naslovom: I d e a l i z a m i m e h a n i z a m. Sadržaj tog predavanja je ukratko ovaj:

M ü l l e r o v je zakon specifične energije osjetila doduše jednostavna istina, ali najveća i najdublja, što ju je čovjek ikada otkrio. Zakon je taj najveća tečevina fiziologije, a ujedno eksaktni osnov svake i d e a l i s t i č k e filozofije. Taj nam zakon govori, da je jedini i ispravni put, kojim mora stupati fiziologija kao nauka o životu, da polazimo od p o z n a t o g a, od unutarnjega našega života, hoćemo li objasniti n e p o z n a t o, t. j. vanjski svijet. Zato udaraju materijalizam i mehanizam sasvim krivim putem, jer hoće pomoću izvanjeg svijeta, pomoću hipotetičkih objekata naših osjeta da objasne poznato, naš unutarnji svijet i ono, što nazivljemo životom. Sasma je krivo očekivanje, da ćemo pomoću naših osjetila otkriti u ž i v o j prirodi nešto drugo nego u m r t v o j. Naša naime osjetila zamjećuju i percipiraju sasma ograničeni niz procesâ, koji su svi u biti gibanja. Gibanje je n. pr. ono, što se vođeno našim vidnim živcem do mozga očituje našoj

svijesti kao svijetlo i boja, gibanje je i ono, što se posredovanjem slušnog živca prikazuje našoj svijesti kao zvuk, gibanja, i to samo gibanja izazivaju sve naše njušne, okusne, temperaturne i tlačne osjete. Bar fizika nas tako uči.

Ali mi imamo za promatranje ž i v e prirode jedno osjetilo više, a to je t. zv. u n u t a r n j e o s j e t i l o (»der innere Sinn«), kojim promatramo i pratimo stanja i procese svijesti. Protivan sam nauci, da su i ovi potonji procesi po svojoj biti također procesi gibanja. S tim se naime ne slaže jednostavna činjenica, da nijesu sva stanja i sve promjene u našoj svijesti p r o s t o r n o poređane. Prostorno je poređano samo ono, što je ušlo u našu svijest na vrata vidnog, opipnog i mišičnog osjetila. Svi ostali osjeti, sva čuvstva, efekti, nagoni i nepregledni red predodžaba nijesu nikada prostorno poređani, nego uvijek samo v r e m e n s k i. O mehanizmu zato tu nema ni govora. Moglo bi se doduše navesti protiv ovog shvatanja, da se to tako samo čini, a uistinu su i spomenuta stanja naše svijesti prostorno poređana. Ali ovaj je navod potpuno labav. Razlog naime, da su objekti vanjskog svijeta, što ih zamjećujemo svojim osjetilima, prostorno poređani, nije ništa drugo nego to, što nam se oni prostorno poređani privićaju, jer ih zamjećujemo ujedinjenim posredovanjem našeg vida i opipa. Za vascijeli pak svijet, što ga zamjećujemo unutarnjim našim osjetilom, pada i ovaj prividni razlog. Nema dakle nikakvog povoda rečenom prigovoru.

Zato mora fiziologija kao nauka o životu početi s fiziologijom čovjeka, jer je čovječji organizam — premda najkompliciraniji — jedini, kod kojeg nije istraživanje upućeno samo na naša osjetila, na rezultate fizike i kemije, kojima istražujemo vanjski svijet, mrtvu prirodu, nego prodiremo u njegovu najdublju unutrašnjost pomoću »nutarnjeg osjetila«, pomoću opažanja samoga sebe, koje onda pruža ruku fizici, što dolazi izvana.

Polazeći s tog stajališta izrazuje B u n g e, da su život i životni procesi takovi, da ih nikada ne ćemo moći spoznati i protumačiti rezultatima fizike i kemije, kako to zastupaju mnogi drugi fiziolozi. Svoje je stajalište nazvao najprije v i t a l i z a m, no u najnovijem izdanju svog udžbenika prekrstio ga je u i d e a l i z a m, a završava ovdje ukratko prikazano predavanje ovim karakterističnim riječima: Sollte nicht vielleicht jede Zelle und jedes Atom ein beseeltes Wesen sein und alles Leben nur Seelenleben, — nije li možda svaka stanica i svaki atom duševno biće, a sav ž i v o t samo duševni život?

Tako, evo, opravdavaju odlični njemački prirodoslovci Z i e h e n i B u n g e u prirodnim naukama i u filozofiji i d e a l i s t i č k o stajalište, što ga je prvi u filozofiji jasno razvio njemački filozof K a n t, pa se zato često i nazivlje »Kantov Kopernički čin«, kojim su Nijemci osobito ponosni. To je onaj f i l o z o f i j s k i i d e a l i z a m, o kojem je i u današnje ratno vrijeme bilo često govora kao o najbitnijoj karakteristici n j e m a č k o g duha i nastojanja u kulturnom radu i razvoju čovječanstva.

Nasuprot idealističkoj filozofiji, kojoj smo osnovu gore prikazali, stoje dakako nazori drugih filozofijskih struja starijeg i novijeg datuma, kao n. pr. filozofija Engleza Herberta S p e n c e r a. No ja sam stavio sebi za zadaću, da prikažem, kako odnos vanjskog i unutarnjeg svijeta shvataju p r i r o d o s l o v c i, a ne f i l o z o f i, pa ću zato sada iznijeti nazore dvojice drugih i opet savremenih i jednako uvaženih n j e m a č k i h prirodoslovaca, da vidimo, koliko se udaljuju od prikazanoga idealističkog stajališta.

II.

Kad naš hrvatski seljak pogleda na široku livadu, na kojoj je porasla bujna zelena trava, puna šarenog cvijeća, govori: nije još vrijeme košnji, još se livada odviše žuti od žutih cvjetova; kad se zacrveni od crvenih cvjetova, kosit ćemo. I doista promatramo li boju cvjetova po našim lijepim livadama, vidjet ćemo, da u rano proljeće prevladavaju najprije b i j e l i cvjetovi, nešto kasnije dolazi prevlast ž u t i h, a iza ovih napokon c r v e n i h. Očito je, da ta izmjena boja stoji u vezi sa sve jačim svijetlom, kojim Sunce blagotvorno obasjava naše livade.

Sunce! Roditeljica naše Zemlje, izvor sve žive sile i svega gibanja, svega života i rada na Zemlji!

A sad da nabacimo pitanje: da li se je naše oko, kojim gledamo šarene boje po livadama, razvilo utjecajem Sunca ili je naše oko stvorilo veličanstveni fenomen, što ga zovemo Suncem?

Prirodoslovci, t. j. naučenjaci, koji svestrano proučavaju upravo vanjski svijet, koji su u tom vanjskom svijetu otkrili ne samo neiscrpljivo blago interesantnih činjenica, nego su ujedno počeli ulaziti u trag silama i faktorima, što izazivlju i pokreću pojave i promjene u mrtvoj i živoj prirodi, ne mogu se zadovoljiti sa stajalištem, da je taj izvanji

svijet, objekat njihova marnog i mučnog istraživanja, knjiga sa sedam pečata, u koju nikada ne će moći dublje i pravo zaviriti. Ne mogu se pomiriti s mišlju, — premda je zastupaju najodličniji filozofi, — naime, da smo i mi sami, onako, kako se znamo, kao i sva šarena i grandiozna priroda i svijet oko nas onoliko, koliko smo ga kadri spoznati, tek fenomeni našeg mozga, odnosno našega unutarnjeg svijeta. Zato su neki prirodoslovci nastojali obrazložiti, da ponajprije objektivno eksistiraju pojave i promjene u t. zv. mrtvoj prirodi, i onda, da mi neprestano upoznavamo tjelesa u prirodi oko nas upravo onako, kakova doista i jesu. Kao primjer navest ću misli o tom problemu, što ih je razvio jedan od najvećih modernih fizičara na kontinentu, Nijemac Ljudevit Boltzmann, u svom predavanju u sjednici ces. akademije nauka u Beču god. 1897. (»Über die Frage nach der objektiven Existenz der Vorgänge in der unbelebten Natur«).

Polazeći Boltzmann najprije s idealističkog stajališta dolazi do zaključka, da upravo onako, kaošto postoje za nas predmeti materijalnoga svijeta samo kao naše predodžbe (»als Vorstellung«), postoje za nas kao naše predodžbe i osjeti drugih ljudi. Nema zato nikakvog razloga, da se osjetima drugih ljudi, odnosno njihovu unutarnjem svijetu uopće dopušta eksistencija, a promjenama i pojavima u t. zv. izvanjem svijetu ne. Aut — aut! Jer za nas je sve dotle, dok izgrađujemo sliku svijeta samo iz naših vlastitih osjeta i predodžbi, oboje ravnopravno. Potpuno se dakle vara, tko misli, da je na osnovu idealističke filozofije dokazao, da je mrtva materija većma neki tek misaoni fenomen (»Gedankending«), nego drugi neki čovjek ili živo biće uopće, jednako kao i duševni život i svijet izvan vlastitog. Samo su nam naši osjeti neposredno dani.

Ali koji osjeti? Oni, što ih upravo momentano posjedujemo. A to je očito za izgradnju naše slike svijeta vrlo malo i nedostatno! Zato mi pomoću sjećanja vraćamo nekadašnje naše osjete, da nam budu od pomoći kod izgradnje naše slike svijeta. No psihologijsko razmatranje lako će nas uvjeriti, kako sjećanje, da smo doista neki osjet imali ili ne, nije još nipošto dokaz, da je taj osjet doista za nas postojao. Djeca od tri godine ne razlikuju sjećanja na svoje prave osjete od sjećanja na svoje fantazije. Ljudi, koji trpe od noćnih polucija, ne mogu, kad se ujutro sjećaju toga, biti uvijek sigurni, da li je doista bilo ili su samo sanjali. U drugu ruku imali smo jamačno čitav niz faktičnih osjeta i predodžaba, kojih se apsolutno više ne sjećamo.

Zato moramo i sa subjektivnoga, idealističkog stajališta priznati eksistenciju mnogočemu, što ne stoji više ni u kakovoj direktnoj vezi s našim sadašnjim misaonim životom, što se ne nalazi više u našem unutarnjem svijetu. A kako naše sjećanje nije u svako vrijeme jednako, kako mnogi naši faktični osjeti nastupaju u našoj svijesti često puta, premda se naš unutarnji svijet njima protivi i želi ih pače ukloniti, to nas sve ovo dovodi do spoznaje i priznanja eksistencije svijeta izvan naše svijesti.

K tomu dolazi činjenica, da najvažniji materijal za izgradnju naše slike svijeta crpemo od drugih ljudi. A gdje nam je pravo za to? Osjeti drugih ljudi ne mogu imati jednaku vrijednost kod izgradnje naše slike svijeta kao i naši vlastiti. Jer ideolog govori drugim ljudima: dok sam ja neposredno svijestan svojih osjeta, to je ono, što nazivljem vašim osjetima, za mene samo misaoni simbol stanovitih pravilnosti mojih vlastitih osjeta. Samo poradi toga, što se stanoviti kompleks mojih osjeta, koji zovem vašim tijelom, konsekventno onako mijenja, kao da je gonjen analognim impulzima volje, kako ih i ja izvodim na druge komplekse osjeta, t. j. na moje tijelo, postupam ja spram vas onako, kako postupaju spram mene vaši za mene dakako prividni impulzi volje.

A sad se pita, da li je tim načinom izražavanja saobraćaj i razumijevanje između ljudi moguće i opravdano, da — kako to faktično i jest — crpemo materijal za našu sliku svijeta i od drugih ljudi. Zar ne bi bilo puno bolje, da se stavimo na »objektivno« stajalište? Jer i prema idealističkom stajalištu ne eksistiraju »objektivno« ni za mene ni za druge ljude samo oni ljudi, lica i predmeti u svijetlu, što ih sebi tako zamišljamo i predočujemo, a da to zamišljanje nije izazvano pravilnim i faktičnim osjetima. A svaki se čovjek odnosi prema svojim faktičnim osjetima kao i ja prema svojima. Hoću li se dakle s drugim ljudima sporazumjeti, to se moram prilagoditi i priključiti njihovu prirodnom načinu izražavanja, njihovu govoru. A taj priključak općenitom načinu izražavanja sviju ljudi, koji je iskustvom dan, može se nazvati objektivno stajalište.

Istina, moglo bi se dogoditi, da se svi ljudi slože u tom, da treba razlikovati pojave vanjskog svijeta od psihičkih po tom, što pojave vanjskog svijeta ne postoje objektivno, nego samo toliko, koliko ih za-

mjećuje biće, koje je kadro stvarati osjete Moglo bi se dogoditi, da se svi ljudi slože u tom, da eksistira samo ono, što je živo, što osjeća i stvara osjete! Ali ponajprije treba istaknuti, da takav općeniti nazor ne bi bio u suglasju s idealističkim stajalištem; jer prema ovomu je sve izvan naše svijesti, bili to sad procesi u mrtvoj prirodi, bila živa bića i njihovi psihički procesi, za nas ravnopravno. A kako se svi ljudi nijesu složili u tom, što eksistira, a što ne eksistira, nastaje pitanje, ima li doista kakovog smisla neprestano isticati i na to sjećati, da materija, i to baš t. zv. mrtva materija ne eksistira objektivno. Ako netko tvrdi, da je o tom već a priori osvjedočen, onda to može biti jednaka varka, kao kad dijete drži, da sve u svijetu osjeća i zamjećuje kao i ono samo.

Potpuna analogija između naših vlastitih osjeta i osjeta drugih ljudi dovodi nas do zaključka, da eksistiraju i osjeti drugih ljudi. Zato držimo, da eksistiramo i mi sami i drugi ljudi. Ali ovdje ne smijemo presjeći put analogiji, kojim smo pošli. Ponajprije su jamačno t. zv. više životinje, koje po svojim osjetima stoje najbliže čovjeku, takove, da i njima moramo priznati eksistenciju. A gdje je sad granica? Polagano se spuštamo stepenicama razvoja od najviših k sve nižim organizmima, pa ako svima tima priznamo eksistenciju, onda je posve neopravdan skok, da zaniječemo taj predikat i neorganizmima, t. j. mrtvoj prirodi, mrtvoj materiji. Tako, evo, možemo psihologijski opravdati i dovesti u suglasje s težnjom, da naše mišljenje služi saobraćaju sviju ljudi, da postoji nesamo naš unutarnji duševni svijet, nego i svijet izvan nas, što ga obično nazivljemo materijalnim svijetom.

Postavimo li se pak na to stajalište, rađa se pitanje, da li mi možemo istim slikama i predodžbama, kojima predočujemo i tumačimo vanjski svijet, predočiti i objasniti naš unutarnji, psihički svijet. Što više, nijesu li možda psihički procesi takovi, da se odnose spram materijalnih kao specijalni slučajevi spram općenitih! Daje li se na tom stajalištu izgraditi slika svijeta, koja ima bar toliko vrijednosti, da smije i može postojati uz sliku svijeta, koju izgrađuje idealizam?

Iskustvom nam je dano, da se naši osjeti međusobno razlikuju tako, da su jedni drugima sad više, sad manje slični, da jedni imaju s drugima sad više, sad manje zajedničko, kao i to, kojim slijedom u vremenu jedan za drugim slijede. O kvaliteti osjeta, o plemenitoj ili neplemenitoj, o materijalnoj ili nematerijalnoj njihovoj naravi ne znamo ništa direktno iz našeg iskustva Zato ne mogu razumjeti, kad

se kaže: mi znamo ili saznali smo a priori ili mi smo tomu neposredno svijesni ili što bilo drugo, da su osjeti nešto jednostavno i da se oni kvalitativno razlikuju od procesa u mrtvoj prirodi, što više, da su plemenitiji, uzvišeniji itd. od ovih.

Svakako je krivo, ako kažemo, da materija ili pače atomi osjećaju. Ali opravdamo smijemo kazati, da nije nemoguće, da se promjene osjeta i zakoni, po kojima se one zbivaju u našem unutarnjem svijetu, najtočnije mogu prikazati onako, kako prikazujemo fizično i kemijski materijalne procese u našem mozgu. U tom nema ništa, što bi procese naše unutarnjosti ponizivalo. Obično se naime misli, kad bi naši duševni procesi tekli tako, te bismo ih mogli potpuno predočiti slikama materijalnih procesa u našem mozgu, da bismo mi morali biti isto tako mrtvi i bezosjećajni kao i mrtvi mehanički strojevi. Ali ta bojazan nije opravdana. Vascijeli intenzitet, šarovitost i bogatstvo našega duševnog i osjećajnog života nije tim uvjetovano, što su dotični procesi k v a l i t a t i v n o plemenitiji i uzvišeniji od onih u mrtvim strojevima, nego jedino tim, što su kompliciraniji, bogatiji, a i tim, što naš »ja« pripada istoj vrsti živih bića, koja se je prema D a r w i n o v o j teoriji razvila i održala u borbi za opstanak, u kojoj su borbi nastale kao pomagalo u tom razvoju reakcije živih bića, praćene izrazitim osjećajima boli i radosti.

Do danas doduše nije još pošlo za rukom da se predoči postanak osjeta, t. j. psihičkih procesa kompliciranim slikama kemije i fizike, no to još ne dokazuje, da to uopće nije moguće. Istina, psihičke pojave i procesi stoje jamačno dalje od materijalnih, nego na pr. termički (toplinski) ili električni od mehaničkih, ali da se psihički i materijalni razlikuju kvalitativno, a ovi drugi međusobno samo kvantitativno, očito je predrasuda.

Pa usporedimo savršen materijalni stroj s čovjekom!

Ponajprije moramo imati dobro na pameti, da između strojeva, poznatih nama do danas, i mrtve prirode uopće postoji također jaz, jer mi nipošto još ne znamo, da se svi procesi mrtve prirode moraju dati predočiti slikama i zakonima kemije i fizike. Baš zato je krivo, kad se o »mrtvoj« prirodi govori kao o nečem podređenom, jednostavnom, jedino podvrgnutom mehaničkim zakonima, a o »živoj« prirodi i psihičkim pojavama kao o nečem, što je daleko iznad mehaničkih zakona.

Zamislimo li tako savršeno konstruirani stroj, da nesamo reagira na podražaj izvana, nego da taj savršeni, mehanički stroj zadobiva od podražaja i »osjet«, t. j. ono, što zovemo psihičkim procesom i pojavom, to će za onoga, koji ne pozna točno građu toga mehaničkoga stroja, njegovi »osjeti« biti pojava, koja se ne će moći mjeriti i mehanički protumačiti upravo onako, kako mi ne možemo još danas predočiti i objasniti slikama kemije i fizike naših faktičnih osjeta, jer ne poznajemo točno i potpuno kemijsku i fizičnu građu i komplicirani ustroj našega tijela. Zato nema principijelne zapreke, da se mehanički realizira sve, što nam je iskustveno dano o psihičkim procesima.

Iz svega toga dolazimo do zaključka, da nije nemoguće, da bi nam isti oni misaoni simboli i zakoni, pomoću kojih dobivamo najbolje slike o procesima u mrtvoj prirodi, stvorili — dakako u kompliciranom sklopu — najjednostavniju i najjasniju sliku psihičkih pojava i promjena. Zato uz idealizam ima svoj raison d' être i drugo stajalište, koje se za razliku od idealizma može nazvati realizam. Pa kaošto je idealizam samo slika svijeta za jednog čovjeka, a nipošto za vascijelo čovječanstvo, tako se čini, — želimo li nesamo čovječanstvo, nesamo živu i mrtvu prirodu na Zemlji, nego i univerzum obuhvatiti i ujediniti, — da je realizam opravdaniji od idealizma.

Tako Boltzmann.

Njemački fiziolog Max Verworn, sada profesor fiziologije u medicinskom fakultetu u Bonnu, razvio je u uvodu svoga omašnoga djela »Allgemeine Physiologie« (posvećeno upravo uspomeni Ivana Müllera!) također nazore o odnosu vanjskog i unutarnjeg svijeta, kojima obrazlaže, nesamo da nije vanjski svijet za nas knjiga sa sedam pečata, nego da ga mi neprestano spoznajemo onako, kakav doista i jest. Svoje razlaganje upire Verworn osobito na važnost uvjeta ili kondicija kod svake pojave i unutarnjeg i vanjskog svijeta, pa poradi toga nazivlje svoje stajalište kondicionizam. Evo ukratko njegova razlaganja:

U mnoštvu iskustava, što ih je čovječanstvo steklo tijekom duševnoga svoga razvitka, nalazi se jedno od općenite i dominantne važnosti, a to je spoznaja zakonitosti u prirodi. Ta zakonitost ne znači ništa drugo nego činjenicu, da je svako stanje i svaki proces potpuno određen sumom svih svojih uvjeta. Gdjegod se nalaze isti uvjeti, pojavljuju se i ista stanja, isti procesi i promjene.Iz te spoznaje slijedi jasno, koja je zadaća naučnog istraživanja. Ona se sastoji u tom, da uglavi svekolike uvjete neke pojave i promjene. Ako su pak svi uvjeti određeni, onda je i dotična pojava ili promjena potpuno znanstveno objašnjena.

Krivo je zato, kad se od naučnog istraživanja zahtijeva t. zv. »kauzalno objašnjenje«« neke pojave ili promjene, jer se kod toga drži, da svaka pojava ima svoj stanoviti »uzrok« i da je istom onda objašnjena, kad se zna taj njen uzrok. Ali analiza pojma uzroka dovodi nas do toga, da nema uopće u svijetu pojave ili promjene, koja bi imala samo jedan uzrok. Ono, što mi faktično možemo uglaviti, jesu uvjeti, o kojima pojava ili promjena ovisi. Svaki eksperimenat nam to jasno pokazuje. Zato uz uvjete nema više mjesta za uzrok ili uzroke. To je stajalište nazvano kondicionizam.

No mogao bi tkogod dobaciti, da još nijesmo objasnili neku pojavu time, što smo uglavili njene uvjete ili kondicije; jer oni nam ništa ne govore o kakvoći, o kvaliteti te pojave. Ali to ne stoji. Jer »uvjeti« opet sami za sebe nijesu ništa drugo nego stanja i procesi, dakle stvari određenih kvaliteta. Zato svaki uvjet reprezentira sasma specifični kompleks kvaliteta, koje mi poznajemo kao osjete naših osjetila. Kad mi dakle neku kompliciranu pojavu ili promjenu svodimo na njene uvjete, rastavljamo ju na sastavine i utvrđujemo ujedno njenu zakonitu ovisnost o njima. Proces neki ili neko stanje nije zapravo ništa drugo nego cjelokupni kompleks njegovih uvjeta. Ako je taj cjelokupni kompleks uvjeta ispunjen, to postoji ili se odigrava stanovita pojava ili promjena, jer su one identične s njim. Analiziramo li dakle uvjete nekog stanja ili neke promjene, to analiziramo i dotično stanje i promjenu.

Zato ne poznajemo apsolutnih, izolovanih, sasma neovisnih pojava i stvari. Svuda ćemo u prirodi naći točnim ispitivanjem, da postoje snošaji između pojedinih stvari i pojava, da je svaka stvar uvjetovana drugima, ali ujedno i ona uvjet za druge stvari. Poznajemo li dakle svekolike uvjete, o kojima ovisi neko stanje ili neka promjena, to smo ujedno potpuno upoznali i samo stanje ili promjenu.

Kondicionizam drži:

1. Svaka je pojava i svaka promjena suglasno određena cjelokupnošću svojih uvjeta.

2. Svaka je pojava i svaka promjena identična s cjelokupnošću svojih uvjeta.

Pa što nam govori kondicionizam o odnosu vanjskog i unutarnjeg svijeta? Istražujemo li neko tijelo, n. pr. komad krede, to kažemo: kreda je bijela, tvrda, teška itd., a sve su to samo naši vlastiti o s j e t i. Drugo ništa osim naših osjeta ne možemo naći ni na kredi, ni na kojem drugom tijelu izvanjeg svijeta. I sad se obično odatle povlači zaključak: budući da ne možemo na stvarima izvanjeg svijeta naći ništa drugo nego naše vlastite osjete, to je eksistencija svijeta izvan nas hipotetična, a vanjski je svijet samo igra naših osjeta. Ali kondicionizam nadovezuje na to: istina, rečena se tvrdnja osniva na našem iskustvu, no mi se nijesmo poslužili v a s k o l i k i m iskustvom, što nam u tom pogledu stoji na raspolaganje. Tvrdnja naime ta počiva samo na primarnom iskustvu, na osjetima, a mimoilazi posve ono sekundarno iskustvo, koje nas dovodi do spoznaje z a k o n i t o s t i. Iz prvog naime stavka kondicionizma slijedi, da se mora neumoljivom nuždom i zakonitošću odigrati neka promjena ili pojava, ako su ispunjeni i oživotvoreni svi njegovi uvjeti, bez obzira na to, da li ta pojava ili promjena stoji u vezi s našim osjećanjem i zamjećivanjem, osim ako i to nije svakako nuždan uvjet dotične pojave ili promjene. Stotinu i stotinu pokusa možemo izvesti za potvrdu tog zaključka. Ako je pak tako, onda se promjene odigravaju u vanjskom svijetu po stanovitoj zakonitosti i onda, kad mi ne zamjećujemo; drugim riječima, postoje tjelesa, postoji svijet i izvan naše svijesti. Mi dakako ne moramo biti uvijek u vezi sa svim stvarima vanjskog svijeta, a to je onda, kad nijesu udešeni uvjeti za stvaranje osjeta, kad naša osjetila nijesu u kontaktu sa stanovitim stvarima vanjskog svijeta.

Što su dakle prema tom stajalištu stvari same za sebe (»Die Dinge an sich«), t. j. onda, kad su odriješene od mojih osjetila, kad ih više ne zamjećujem?

Na to pitanje, kojim su toliko razbijali glavu filozofi, odgovara kondicionizam: ono ne znači ništa drugo nego zahtjev, da spoznamo, šta su stvari, a da ih kod toga razriješimo od naših pomagala spoznaje; a to će reći, m i b i s m o h t j e l i s p o z n a t i s t v a r i, a d a i h n e s p o z n a m o! Zato je gornje pitanje samo p r i v i d n i problem, onakav na pr. kao onaj o »kvadraturi kruga« i o realizovanju »perpetuuma mobile«, kojima se ozbiljna nauka danas više i ne bavi.

Nemamo poradi toga prava zaključivati na osnovu toga, što ne možemo riješiti jedno krivo postavljeno pitanje, naime, što su »die Dinge an sich«, da nam je vanjski svijet zauvijek zatvoren kao knjiga sa sedam pečata. Nasuprot mi spoznajemo neprestano faktični svijet, jer neprestano stvaramo o njemu osjete i predodžbe, i to uvijek onda, kad realiziramo za to potrebne u v j e t e, t. j. kad stavljamo svijet u doticaj sa samim sobom. Tim upoznavamo zbilju i stvari izvanjeg svijeta upravo onako, kakove jesu. A kod toga su i pojave našega unutarnjeg svijeta, naše svijesti jednako zbilja, jednako »die Dinge an sich«, kao i stvari, pojave i promjene vanjskog svijeta. Sve zajedno jesu sastavine zbilje, faktičnog svijeta.

Ima li prema tomu stvari, koje nam je nemoguće staviti s nama u doticaj, jer nijesu osjetno zamjetljive, stvari, koje će nam poradi toga ipak zauvijek ostati tajne i nepoznate? Možemo li upoznati ono, što se zove naša unutrašnjost, naša psiha? Može li se sa stajališta kondicionizma premostiti jaz između vanjskog i unutarnjeg svijeta?

Sasma je krivo, kad mislimo, da se spoznaja nekog akta naše unutrašnjosti, na pr. stvaranja osjeta o nekom predmetu, recimo o ruži, ima sastojati u tom, da ćemo mi gledajući u mozak čovjeku, u čijoj se svijesti stvara osjet o ruži, vidjeti ili upoznati neku maglovitu, n e m a t e r i j a l n u, umanjenu sliku ruže! Sa stajališta kondicionizma ne može o tom biti ni govora; j e r j e d n a k e p r o m j e n e i j e d n a k a s t a n j a m o g u n a s t u p i t i s a m o o n d j e, g d j e s u j e d n a k i u v j e t i. Gledam li dakle mozak drugog čovjeka, dok on zamjećuje ružu, to dakako ne mogu dobiti osjet ruže, nego osjet njegova mozga. Kod njega i kod mene postoje sasma različiti osjeti. Ali zato, jer nisam kadar u mozgu zamijetiti materijalnu sliku ruže, ne slijedi odatle, da taj osjet kao psihički akt nije uopće zamjetljiv i pristupačan našoj spoznaji. Prema našem stajalištu svaka je stvar potpuno određena cjelokupnošću svojih uvjeta, jer ona je s njima identična. Analiziramo li u v j e t e osjeta, to analiziramo i sam osjet. Kad bi raspolagali potpunim znanjem o svim procesima, što su se odigrali, otkad je upalo od ruže reflektirano svijetlo u naše oko, sve do podražaja i procesa u ganglijskim stanicama vidne sfere našeg mozga, to bi time bio i osjet sâm potpuno izražen i upoznat, pa bi bilo apsurdno tražiti još neki nepoznati ostatak ili pače držati, da uopće ne možemo spoznati osjet. Sa stajališta kondicionizma svaki je osjet isto tako

objekt sjetilnog zamjećivanja kao i svako drugo tijelo, i zato pada d u a l i z a m, t. j. principijelna razlika između vanjskog i unutarnjeg svijeta sama po sebi

Ipak treba priznati, da je prahistorijska misao o razlici duše i tijela, koju kondicionizam smatra zabludom, bila u razvoju ljudskog mišljenja od vanredno velike važnosti; jer zablude su gdjekada većma poticale čovjeka na istraživanje i misaoni rad nego istine.

Kondicionizam drži, da ne postoje dva niza procesa, koji teku paralelno, kako to hoće t. zv. psihofizički paralelizam, nego samo j e d a n jedini. Ono, što može psihofizički paralelizam dokazati, samo je to, da su pojave unutarnjeg svijeta u v j e t o v a n e između ostaloga i stanovitim procesima u našem mozgu. A kako mi možemo stvarati osjete i predodžbe o fiziologijskim kao i o svim drugim procesima u prirodi i svijetu, to su i pojave naše svijesti, našega unutarnjeg svijeta pristupačne našem istraživanju upravo onako, kao i sve druge stvari u svijetu. Ako smo jedanput uglavili sve n j i h o v e u v j e t e, to nam ne preostaje više ništa tajno i sakriveno zauvijek u njima. A principi za istraživanje našega unutarnjeg svijeta mogu biti samo principi istraživanja uopće, t. j. utvrđivanje uvjeta pojavâ i promjenâ. Na tom pak putu ne nailazi istraživanje na p r i n c i p i j e l n o nepremostive zapreke i granice. I s t r a ž i v a n j e j e s l o b o d n o i n e o g r a n i č e n o i d o p i r e d o n d e, d o k l e i b e s k o n a č n i s v i j e t.

* * *

Na taj način obrazlažu svoje stajalište o odnosu unutarnjeg i vanjskog svijeta četiri n j e m a č k a prirodoslovca: Ziehen, pl. Bunge, Boltzmann i Verworn. Ja sam zato prikazao baš njihovo razlaganje, jer su mi poznati po svom stručnom naučnom radu, pa mi je svaki od njih na svom specijalnom području osobito simpatičan: Z i e h e n kao fiziologijski psiholog, pristaša t. zv. asocijacionoga smjera, t. j. nastojanja, da se duševne pojave svedu jedino na asocijaciju, pl. B u n g e fiziolog originalnog i širokog pogleda, B o l t z m a n n kao fizik, genijalni pobornik atomističke teorije, koja u današnje dane slavi svoj pobjednički triumf, i napokon V e r w o r n, fiziolog, koji svojim udžbenikom fiziologije i časopisom, što ga sam uređuje, neprestano ističe važnost celularne fiziologije, t. j. važnost proučavanja života najprije u najmanjoj životnoj jedinici, naime u celuli ili stanici.

Ostaje dakako slobodno svakomu čitaocu, da prema izlaganju spomenutih prirodoslovaca zauzme svoje vlastito stajalište u pitanju odnosa vanjskog i unutarnjeg svijeta, t. j. da se prikloni bilo idealizmu bilo realizmu ili da možda izgradi neki posredni, pače i sasma samostalni nazor. Znak je kulturne snage i kulturne visine narodne, kad se pojedinci razilaze u riješenju filozofijskih problema, ali gdje na osnovu studija i razmišljanja izgrađuju s v o j e nazore, a ne primaju onako đuture, što im se narine i dobaci.

Neka mi bude dopušteno na koncu, da u prikazanom pitanju s nekoliko riječi označim svoje stajalište:

Vanjski svijet, istina, upoznajemo preko naših osjetila, ona su vrata u naš unutarnji svijet. Ali prema teoriji evolucije i descendence r a z v i o se je čovjek, kao i vascijela šarena sadašnja živa priroda na našoj Zemlji, iz primitivnih početaka, iz jednostavnih organizama, iz sićušnih prvotnih klica i stanica. Pokretne su sile tog razvoja jamačno vrlo različne: uz D a r w i n o v princip »borbe za opstanak«, L a m a r c k o v princip prilagođivanja i »adaptacije« organizama, K r a p o t k i n o v princip međusobnog potpomaganja itd. sudjelovali su i drugi prirodni faktori u tom, da je došlo do grandiozne slike života, kako je mi danas gledamo.

Ako je tako, onda nema sumnje, da se je i naš živčani sistem, da su se i naša o s j e t i l a i njihovi završeci, koji su prema Müllerovu zakonu »specifične energije osjetila« udešeni za apercepciju podražaja vanjskoga svijeta, r a z v i l i postepeno iz jednostavnih sjetilnih organa nižih organizama.

Zato ima i naš unutarnji svijet svoj razvoj, svoju e v o l u c i j u. Ni on nije od iskona snabdjeven K a n t o v i m kategorijama!

Bile pokretne sile tog razvoja (evolucije) koje mu drago, to one ne mogu biti ništa drugo, nego rezultanta sila i zakona, koji vladaju i koji su vladali u izvanjem svijetu i mi ih polagano upoznavamo proučavajući energiju i materiju, posljednje instancije, do kojih dolazimo ispitivanjem prirode. Naše je znanje o materiji i energiji doduše još uvijek krnje i neznatno, ali to nije nipošto razlog, da držimo, kao da pojave i procesi naše unutrašnjosti i života uopće slijede posve druge, principijelno različne zakone, nego procesi i pojave vanjskog svijeta, pod čijim su se utjecajem i u vezi s njima bez sumnje razvile i pojave života i pojave naše svijesti. Zato držim, da svestranim proučavanjem

fiziologijskih procesa naših osjetila i živčanog sustava metodama fizike i kemije, zatim proučavanjem izvanjskih utjecaja, na pr. otrova, patologijskih procesa, narkotika itd. na naš duševni život, i to u vezi s fiziologijskim procesima, sakupljamo polagano i postepeno materijal, koji će jednom, ma i u dalekoj budućnosti, poslužiti kao osnov za e k s a k t n i pogled i objašnjenje naše unutrašnjosti, naše svijesti. Obrnuti put, put iznutra, kojim idu idealisti, bio on ne znam kako interesantan i uzvišen, nema po mojem skromnom shvatanju ni izdaleka one solidnosti i s i g u r n o s t i kao čas prije označeni. Kao dokaz tomu neka služi kaos, zbrka, babilonski toranj u nazorima o našem unutarnjem svijetu počevši od najstarijih filozofa do današnjih.

